

VANESSA DANELUZ GONÇALVES

**AVALIAÇÃO DE ALTERAÇÕES DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DA
ÁGUA EM UMA SEÇÃO TRANSVERSAL – SEU IMPACTO PARA A GESTÃO
DE RECURSOS HÍDRICOS**

CURITIBA

2011

VANESSA DANELUZ GONÇALVES

**AVALIAÇÃO DE ALTERAÇÕES DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DA
ÁGUA EM UMA SEÇÃO TRANSVERSAL – SEU IMPACTO PARA A GESTÃO
DE RECURSOS HÍDRICOS**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação
em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental da
Universidade Federal do Paraná, como requisito
parcial à obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Cristovão V. S. Fernandes, Ph.D.

**CURITIBA
2011**

Gonçalves, Vanessa Daneluz

Avaliação de alterações de parâmetros de qualidade da água em uma seção transversal – seu impacto para a gestão de recursos hídricos / Vanessa Daneluz Gonçalves - Curitiba, 2011.

119 f. : il., tabs, grafs.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental.

Orientador: Cristóvão V. S. Fernandes

1. Água - Qualidade. 2. Abastecimento de água. 3. Bacias hidrográficas. 4. Lagos – Sedimentos. I. Fernandes, Cristóvão V. S.II. Título. III Universidade Federal do Paraná.

CDD 551.483



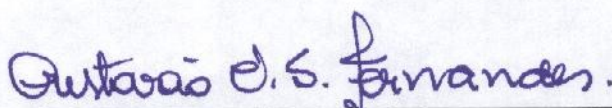
TERMO DE APROVAÇÃO

VANESSA DANELUZ GONÇALVES

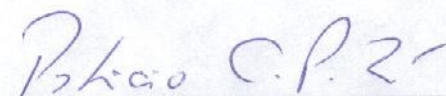
**“AVALIAÇÃO DE ALTERAÇÕES DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA EM
UMA SEÇÃO TRANSVERSAL – SEU IMPACTO PARA A GESTÃO DE RECURSOS
HÍDRICOS”**


Dissertação aprovada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, pela comissão formada pelos professores:

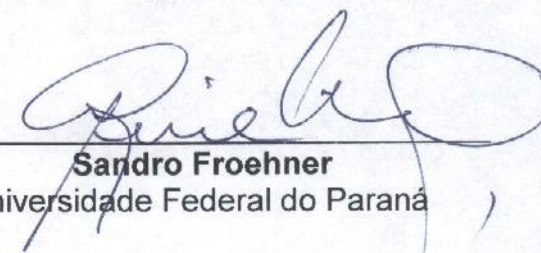
PRESIDENTE:


Cristóvão Vicente Scapulatempo Fernandes
Universidade Federal do Paraná
Orientador

MEMBROS:


Patricio Guillermo Peralta Zamora
Universidade Federal do Paraná


Júlio Cesar Rodrigues de Azevedo
Universidade Tecnológica Federal do Paraná


Sandro Froehner
Universidade Federal do Paraná

Curitiba, 04 de abril de 2011

Dedicatória

*Aos meus pais, Protasio (in
memoriam) e Loreni, pelo amor,
educação e princípios.*

Agradecimentos

Ao meu orientador, Cristovão V. S. Fernandes, por conceder-me a opção de pesquisar, pela orientação e pelos conselhos.

Aos professores, Júlio Cesar R. de Azevedo, Patrício G. P. Zamora, e Sandro Froehner, pelo apoio nas correções do trabalho.

À minha irmã Ariane, por expressar sua opinião e também seu amor de forma tão direta.

Ao meu irmão Leandro, por ser a pessoa mais requisitada nos momentos familiares.

Ao meu cunhado Adriano, pela sua dedicação à família.

Ao meu sobrinho Enzo, por ser a única criança a conquistar o meu amor.

Ao Ivo, por fazer-me bem, ao fazer minha mãe feliz.

Ao meu namorado Ronan, pelo apoio incondicional, por rir de minhas piadas e por tolerar meus momentos de fúria.

À Heloise G. Knapik, por ajudar-me neste trabalho, por ser um exemplo de dedicação e por adoçar a vida com seu jeito meigo.

À Carla C. Bem, por ajudar-me neste trabalho, por ser parceira em risadas e demais drogas.

Ao Luiz F. Dombroski, por ajudar-me em coletas de campo, e principalmente em análises de laboratório. E pelos momentos de descontração aliados a muitas risadas.

Ao Michael Mannich, por ajudar-me em coletas de campo, por ser uma pessoa que fala o que pensa, e por ser tão brincalhão quanto inteligente.

Ao Guilherme Samways, por ter um bom coração, e por compreender minhas piadas e vice versa.

À Dayana Bonfanti, por ter um tom de voz calmo e agradável, e por ser minha companheira em todos os momentos, inclusive os de guerra.

À Professora Miriam R. M. Mine, por ser um exemplo de disciplina.

Ao Sergio M. Braga e Luiz Carlos Barbosa, por ajudarem-me em coletas de campo.

Aos demais amigos, Ana Paula, Camila, Aléx, Daniele, Michele, Elãine, Patrícia, Danielle B., Iara, Érisen, Mônica, Carol, Silvana, Clarissa, Daniela, Renata, Ana Carla, Magda, Marcelo, e Júlio por fazerem parte da minha história.

Ao REUNI pela bolsa de estudos oferecida para a pesquisa.

Resumo

Para a adequada gestão de recursos hídricos em bacias hidrográficas requer-se diferentes ferramentas de base técnica, como por exemplo o monitoramento qualitativo dos corpos hídricos. Contudo, supõe-se que distintas técnicas de amostragem ou mesmo de mensuração de parâmetros de qualidade da água, possam advir de forma a promover erro desconhecido nos resultados e análises finais, com impacto significativo em termos de planejamento para a adequada gestão dos recursos hídricos. Para minimizar este potencial nível de subjetividade, técnicas de amostragem foram normatizadas através da NBR 9.898 onde aspectos como coleta de amostra a meia seção e meia profundidade, assim como métodos de mensuração de constituintes foram detalhados. Entretanto, na prática, as lacunas não foram solucionadas, seja por irregularidades topográficas ou defasagem de equipamentos que impossibilitam a amostragem conforme a norma; e/ou devido a diversidade metodológica de quantificação de um mesmo parâmetro que induz questões de natureza de procedimentos analíticos que podem ser relevantes. Neste contexto, este trabalho avaliou o comportamento dos parâmetros de qualidade da água usuais ao longo de uma seção transversal do rio Iguaçu, situado na Bacia do Alto Iguaçu, e concomitantemente, avaliou os parâmetros de DBO, DQO e OD por distintos métodos com intuito de verificar a existência ou não de subjetividade metodológica. A avaliação dos resultados permitiu concluir que (i) houve dispersão das cargas/concentrações ao longo dos pontos monitorados na seção para todos parâmetros avaliados; (ii) não foram constatadas diferenças significativas entre os pontos para as seis coletas realizadas; (iii) foram constatadas diferenças entre as coletas para certos parâmetros; (iv) não foram constatadas diferenças entre métodos de mensuração de um mesmo constituinte; (v) não foi possível estabelecer um padrão de comportamento da seção em estudo, de modo que os pontos de margem apresentassem menores valores de concentração em relação aos demais pontos ou vice-versa (vi) as análises de espectroscopia de ultravioleta e de fluorescência sugerem tanto presença de ácidos fúlvicos, quanto de carbono alifático e substâncias húmicas; e (vii) as análises de sedimento permitem dizer que o aporte de carbono orgânico pode estar relacionado a despejos domésticos, as concentrações de fósforo total são próximas às condições naturais e a relação COT/NT pode estar relacionada a material de plantas terrestres.

Abstract

The basis for water resources planning and management requires distinct technical as monitoring of water bodies. Through monitoring, it can consolidate regular qualitative and quantitative information on the characteristics of the watershed. However, it is assumed that different sampling techniques or measurement of water quality parameters, may result in analytical whose results can implicate in inappropriate management of water resources. In order to minimize the level of subjectivity due to the mentioned errors, sampling techniques have been normalized including methods of measurement of constituents. However, in practice, the gaps have not been resolved, either by topographic irregularities or delayed by equipment which prevents the sample as the standard, and/or due to methodological diversity of analytical techniques. In this context, this study evaluated water quality parameters distribution over a normal cross section of the Iguaçu River located in the Alto Iguaçu especially for BOD, COD and DO by different methods. The goal is to verify and assess the impact of these methodological subjectivity. The assessment results indicated that (i) there was a scattering of loads/concentrations over the monitored points in the section for all parameters; (ii) there were no significant differences between the points for the six samples taken; (iii) differences were found between these samples for certain parameters; (iv) have not been assessed differences between methods of measuring the same constituency; (v) could not establish a pattern of the section under study, so that the points of margin present lower values of concentration in relation to other points or vice versa; (vi) the analysis of ultraviolet spectroscopy and fluorescence suggest the presence of both fulvic acids, and aliphatic carbon and humic substances; and (vii) analysis of sediment allowed to say that the supply of organic carbon may be related to domestic sewage, the concentrations of total phosphorus are close to natural conditions and the ratio TOC/TN may be related to terrestrial plant material.

Lista de Figuras

Figura 2.1 – Determinação do número de pontos de coleta em estudos de seção transversal.....	10
Figura 2.2 – Modelo conceitual da interação sedimento-água.	13
Figura 3.1 – Zonas da autodepuração.....	18
Figura 4.1 – Bacia do Alto Rio Iguaçu e seus afluentes.....	33
Figura 4.2 – Localização das 7 estações monitoradas nos rios Irai e Iguaçu.	34
Figura 4.3 – Esquema ilustrativo da localização dos pontos amostrados na seção, S1..	36
Figura 4.4 – Imagem da seção de estudo.....	36
Figura 5.1 – Condutividade: dispersão observada entre os pontos de monitoramento. .	44
Figura 5.2 – Turbidez: dispersão observada entre os pontos de monitoramento.	45
Figura 5.3 – pH: dispersão observada entre os pontos de monitoramento.	46
Figura 5.5 – Teste ANOVA de comparação de OD entre os pontos amostrados segundo os métodos titulométrico (Px) e direto por sensor (Pxa). Em que $F(9, 50) = 0,21778$, $p = 0,99058$, com intervalo de 95% de confiança.....	48
Figura 5.6 – Teste ANOVA de comparação de OD entre as coletas segundo os métodos titulométrico (Px) e direto por sensor (Pxa). Em que $F(11, 48) = 36,522$, $p = 0,000$, com intervalo de 95% de confiança.....	48
Figura 5.7 – Temperatura: dispersão observada entre os pontos de monitoramento.	49
Figura 5.8 – DBO: dispersão observada entre os pontos de monitoramento. Px corresponde aos resultados de DBO titulométrica, e Pxa aos de DBO manométrica. ...	51
Figura 5.9 – Teste ANOVA de comparação entre os pontos amostrados segundo os métodos titulométrico (Px) e manométrico (Pxa). Em que $F(9, 50) = 0,62178$, $p = 0,77281$, com intervalo de 95% de confiança.....	52
Figura 5.10 – Teste ANOVA de comparação entre coletas segundo os métodos titulométrico e manométrico. Em que $F(11, 48) = 7,5117$, $p = 0,0000$, com intervalo de 95% de confiança.....	53
Figura 5.11 – DQO: dispersão observada entre os pontos de monitoramento. Px corresponde aos resultados de DQO tituométrica, e Pxa aos de DQO colorimétrica. ...	54

Figura 5.12 – Teste ANOVA de comparação entre os pontos amostrados segundo os métodos titulométrico (Px) e colorimétrico (Pxa). Em que $F(9, 50) = 0,13947$, $p = 0,99825$, com intervalo de 95% de confiança.....	55
Figura 5.13 – Teste ANOVA de comparação entre coletas segundo os métodos titulométrico e colorimétrico. Em que $F(11, 48) = 20,443$, $p = 0,0000$, com intervalo de 95% de confiança.....	56
Figura 5.14 – COD: dispersão observada entre os pontos de monitoramento.	57
Figura 5.15 – Teste ANOVA de comparação de COD entre pontos de monitoramento (a) e coletas (b).	57
Figura 5.16 – Nitrogênio: dispersão observada entre os pontos de monitoramento para nitrogênio total (a), amoniacal (b), nitrito (c) e nitrato (d).	59
Figura 5.17 – Teste ANOVA de comparação entre coletas para os parâmetros de nitrogênio total (a), amoniacal (b), nitrito (c) e nitrato (d).	60
Figura 5.18 – Fósforo: dispersão observada entre os pontos de monitoramento para fósforo total (a) e fósforo reativo (b).	61
Figura 5.19 – Sólidos: dispersão observada entre os pontos de monitoramento para SST (a) e SDT (b).	62
Figura 5.20 – Teste ANOVA de comparação entre coletas para os parâmetros de SST (a) e SDT (b).	62
Figura 5.21 – Espectros de absorbância para as coletas 2 e 3.	63
Figura 5.22 – Espectros de absorbância para as coletas 4 e 5.	64
Figura 5.23 – Espectros de absorbância para a coleta 6.	64
Figura 5.24 – Espectros de absorvidade para as coletas 2 e 3.	65
Figura 5.25 – Espectros de absorvidade para as coletas 4 e 5.	65
Figura 5.26 – Espectros de absorvidade para a coleta 6.	66
Figura 5.27 – Espectros de fluorescência, 314 e 370 nm de excitação, coleta 1.	68
Figura 5.28 – Espectros de fluorescência, 314 e 370 nm de excitação, coleta 2.	69
Figura 5.29 – Espectros de fluorescência, 314 e 370 nm de excitação, coleta 3.	69
Figura 5.30 – Espectros de fluorescência, 314 e 370 nm de excitação, coleta 5.	69
Figura 5.31 – Espectros de fluorescência, 314 e 370 nm de excitação, coleta 6.	70
Figura 5.32 – Espectros sincronizados de fluorescência, pontos 1 e 2.	70

Figura 5.33 – Espectros sincronizados de fluorescência, pontos 3 e 4.....	71
Figura 5.34 – Espectros sincronizados de fluorescência, ponto 5.....	71
Figura 5.35 – Espectros sincronizados normatizados pelo COD, pontos 1 e 2.....	72
Figura 5.36 – Espectros sincronizados normatizados pelo COD, pontos 3 e 4.....	72
Figura 5.37 – Espectros sincronizados normatizados pelo COD, ponto 5.	72

Lista de Quadros

Quadro 3.1 – Metodologias e técnicas de avaliação de matéria orgânica.	27
Quadro 4.1 – Parâmetros monitorados <i>in situ</i>	38
Quadro 4.2 – Parâmetros físico-químicos monitorados em laboratório.....	39

Lista de Tabelas

Tabela 3.1 – Indicativo de presença de compostos segundo o a região do espectro.	27
Figura 4.1 – Bacia do Alto Rio Iguaçu e seus afluentes.....	33
Figura 4.2 – Localização das 7 estações monitoradas nos rios Irai e Iguaçu.	34
Tabela 4.1 – Informações sobre as seções S1.....	35
Tabela 4.2 – Procedimentos adotados quanto ao tipo de frasco, preservação e prazo de análise.	37
Tabela 5.1 – DBO: média (em negrito) e desvio padrão (na sequência) para cada coleta segundo metodologia.....	53
Tabela 5.2 – DQO: média (em negrito) e desvio padrão (na sequência) para cada coleta segundo metodologia.....	56
Tabela 5.3 – Valores de absorbância $\lambda=254$ nm segundo pontos e coletas.....	63
Tabela 5.4 – Valores de absortividade SUVA (L/g.cm), $\lambda=254$ nm segundo pontos e coletas.	65
Tabela 5.5 – Valores de razão A285/COD (L/g.cm) segundo pontos e coletas.....	67
Tabela 5.6 – Razão FR de fluorescência emitida em 450 nm e 500 nm (excitação $\lambda=370$ nm).....	68

Tabela 5.7 – Concentrações e razões molares de carbono orgânico, nitrogênio e fósforo no sedimento.....73

Tabela 5.8 – Procedência do sedimento segundo a razão molar.74

Lista de Símbolos

ADCP	<i>Acoustic Doppler Current Profiler</i>
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DBOu	Demanda Bioquímica de Oxigênio Última
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
MOD	Matéria Orgânica Dissolvida
MOL	Matéria Orgânica Lábil
MON	Matéria Orgânica Natural
MOR	Matéria Orgânica Refratária
MORA	Matéria Orgânica Refratária Aquogênica
MORP	Matéria Orgânica Refratária Pedogênica
OD	Oxigênio Dissolvido
OMS	Organização Mundial da Saúde
COT	Carbono Orgânico Total
SNGRH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UV	Ultravioleta
UV-vis	Ultravioleta e Visível

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS.....	3
1.1.1 OBJETIVO GERAL	3
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.2 EVIDÊNCIAS DE INTERESSE	3
1.3. METODOLOGIA ADOTADA.....	5
 CAPÍTULO 2 - ASPECTOS CONCEITUAIS PARA A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E A RELEVÂNCIA DO MONITORAMENTO AMBIENTAL.....	 8
2.1 MONITORAMENTO AMBIENTAL.....	9
2.1.1 COLETA E AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS	10
2.1.2 ÁGUA E ASPECTOS FÍSICOS	11
2.1.3 SEDIMENTO.....	12
2.1.4 IMPACTOS NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS	13
2.2 A IMPORTÂNCIA DA QUESTÃO DO MONITORAMENTO DE MATERIA ORGÂNICA.....	 14
 CAPÍTULO 3 - POLUIÇÃO DE CORPOS HÍDRICOS POR MATÉRIA ORGÂNICA	 15
3.1 DINÂMICA DA MATÉRIA ORGÂNICA.....	16
3.1.1 FENÔMENO DE AUTODEPURAÇÃO.....	17
3.2 MÉTODOS DE QUANTIFICAÇÃO	19
3.2.1 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO).....	19
3.2.2 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO)	20
3.2.3 CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT)	21
3.3 CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA	22
3.3.1 ESPECTROSCOPIA DA REGIÃO DO ULTRAVIOLETA VISÍVEL.....	24
3.3.2 ESPECTROSCOPIA DE FLUORESCÊNCIA	26
3.4 VISÃO CRÍTICA SOBRE OS PROCEDIMENTOS ANALÍTICOS	27
3.4.1 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO).....	28

3.4.2 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO)	29
3.5 SÍNTESE DO CAPÍTULO	30
 CAPÍTULO 4 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS – ESTUDO DE CASO NA BACIA DO ALTO IGUAÇU	 32
4.1 A BACIA DO ALTO IGUAÇU	32
4.2 MONITORIAMENTO DO ALTO IGUAÇU	34
4.3 DETALHAMENTO NA SEÇÃO TRANSVERSAL, P5	35
4.4 PROCEDIMENTOS DE COLETA	37
4.4.1 ANÁLISES <i>IN SITU</i>	38
4.4.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	38
4.5 SÍNTESE DO CAPÍTULO	41
 CAPÍTULO 5 - ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	 43
5.1 CONDUTIVIDADE	43
5.2 TURBIDEZ	44
5.3 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO	45
5.4 OXIGÊNIO DISSOLVIDO	46
5.5 TEMPERATURA	49
5.6 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO	50
5.7 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO	53
5.8 CARBONO ORGÂNICO DISSOLVIDO	56
5.9 NITROGÊNIO	58
5.10 FÓSFORO	60
5.11 SÓLIDOS	61
5.12 ESPECTROSCOPIA NA REGIÃO DO ULTRAVIOLETA – VISÍVEL E DE FLUORESCÊNCIA	63
5.13 SEDIMENTO	73
5.14 SÍNTESE DO CAPÍTULO	74
 CAPÍTULO 6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	 76
6.1 CONCLUSÕES	76
6.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	78

CAPÍTULO 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
Apêndice I.....	84
Apêndice II	88
Apêndice III.....	109

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída por meio da Lei 9.433 de 1997 (BRASIL, 1997) propõe um novo paradigma fundamentado na gestão integrada, descentralizada e participativa dos recursos hídricos em todos os níveis territoriais da administração. Para tanto, este modelo de gestão envolve as ordens do poder público, usuários e sociedade civil organizada. Adicionalmente, também são princípios da Política Nacional de Recursos Hídricos a adoção da bacia hidrográfica como unidade operacional de gestão; promoção de usos múltiplos e atribuição de valor econômico da água; e priorização do abastecimento humano em caso de escassez. Quanto aos instrumentos de gestão previstos na Lei, estes podem ser divididos em, (ANA, 2002):

- Institucionais: Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, Comitês de Bacias Hidrográficas, e Agências de Água;
- Técnicos: plano de recursos hídricos, enquadramento dos corpos de água, outorga, e Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos; e
- Econômicos: cobrança pelo uso da água e pela diluição de efluentes.

Segundo a ANA – Agência Nacional de Águas (2002), trata-se do maior desafio instituído pela Lei 9.433/97, a implantação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGRH. Visto que tal implantação subentende que o conceito de bacia hidrográfica, como unidade de planejamento e gestão, sobretudo nos rios de domínio da União, onde se sobrepõem competências tanto da União como dos Estados que integram a bacia, foi alcançado.

Adicionalmente, em substituição a Resolução CONAMA n° 20, a Resolução CONAMA n° 357 de 2005 dispõe sobre a classificação dos corpos de água e os enquadra em classes segundo requisitos de qualidade, além de estabelecer condições e padrões de lançamento de efluentes. De acordo com este instrumento, os rios são classificados em diferentes classes, em função de suas características físicas e químicas e microbiológicas, sendo que dentre os parâmetros estipulados pela Resolução citada, por exemplo, a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) apresenta caráter

diferencial em termos de classificação de rios quanto ao seu grau de poluição por matéria orgânica biodegradável. Claramente, uma estratégia de qualidade baseada em estruturação do perfil qualitativo do perfil de poluição.

Neste contexto, o problema inerente a poluição de corpos d'água por despejos concentrados em matéria orgânica biodegradável é a depleção do oxigênio presente. Isso ocorre quando a decomposição da matéria orgânica é realizada por microrganismos aeróbios, os quais consomem oxigênio na respiração. Dependendo das características do despejo biodegradável e do corpo receptor, a concentração de oxigênio dissolvido pode atingir valores baixíssimos, inviabilizando muitas formas de vida aquática. Ou então, o oxigênio pode ser totalmente consumido, o que caracteriza um meio aquático sob condições anaeróbias.

A mensuração do grau de poluição de corpos hídricos por matéria orgânica, pode ser quantificada tanto pelo método de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), assim como por outros métodos indiretos, demanda última de oxigênio (DBOu) e demanda química de oxigênio (DQO), ou diretos, carbono orgânico total (COT).

Neste contexto, a diversidade metodológica de avaliação do teor de matéria biodegradável em corpo d'água, pode propiciar impactos no sistema de gestão de recursos hídricos, em especial quando da implementação dos instrumentos de gestão contemplados pela Lei nº9.433/1997 – enquadramento de corpos da água, cobrança pelo uso da água e outorga do uso dos recursos hídricos – caso as metodologias envolvidas não sejam condizentes entre si e/ou confiáveis. Atenção especial à análise de DBO que pode ser mensurada por meio dos métodos titulométrico, manométrico e eletrolítico. E dada a sua importância como parâmetro qualitativo de recursos hídricos, contemplada pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

Desta forma, a presente pesquisa propõe avaliar distintas técnicas analíticas para avaliação do teor da matéria orgânica e seu impacto para o planejamento e a gestão da quantidade e qualidade da água. Outra questão abordada refere-se quanto às técnicas de amostragem em rios prescritas por normas como NBR nº 9.897 (ABNT, 1987a) e NBR nº 9.898 (ABNT, 1987b), as quais sugerem amostragem pontual no meio da seção transversal e a meia profundidade do corpo hídrico em estudo. Porém, no caso de monitoramento de rios extensos transversalmente, a amostragem pontual proposta pode não ser prática. Neste caso, considerar que a dinâmica de fluxo d'água permite o efeito de mistura completa pode ser um incentivo para a realização de amostragem em lugares de acesso fácil, como a margem do rio. Logo, este trabalho também propõe estudos na seção

transversal no Rio Iguaçu a fim de avaliar a variação espaço-temporal dos parâmetros de qualidade da água.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a variação existente entre metodologias distintas de mensuração de conteúdo orgânico em recursos hídricos, e a variação decorrente de técnicas de amostragem em uma seção transversal de rio, estudo de caso: rio Iguaçu.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudar o comportamento de parâmetros de qualidade da água usuais ao longo de uma seção transversal do rio Iguaçu;
- Avaliar a presença de matéria orgânica na coluna d'água por meio de distintas metodologias de quantificação;
- Caracterizar a matéria orgânica na coluna d'água quanto a sua origem em autóctone ou alóctone;
- Mensurar a presença de nutrientes e de carbono orgânico no sedimento depositado no leito de fundo do rio;
- Avaliar o grau de subjetividade nos métodos de quantificação de matéria orgânica e nos procedimentos de coleta de dados;
- Alertar órgãos gestores de recursos hídricos quanto ao possível impacto em seu sistema devido à confiabilidade em parâmetros de avaliação de matéria orgânica e em técnicas de amostragem;

1.2 EVIDÊNCIAS DE INTERESSE

Para a implantação das diretrizes da Lei nº9.433/1997, quanto aos instrumentos de gestão, em especial, Plano de Recursos Hídricos e Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos, se faz uso de ferramentas para aquisição de dados da respectiva bacia em estudo. Dentre as

ferramentas, as práticas de monitoramento de corpos aquáticos merecem destaque dado a sua importância na coleção de parâmetros quali-quantitativos que subsidiam diagnósticos quanto à depredação, e metas progressivas de recuperação ou preservação de recursos hídricos.

As NBRs nº 9.897 (ABNT, 1987a) e nº 9.898 (ABNT, 1987b) prescrevem práticas de monitoramento quanto às técnicas de coleta, preservação e manipulação de amostras. A coleta de amostras em rios contém orientações de ser efetuada no meio da seção transversal e a meia profundidade. Em rios extensos transversalmente esta prática apresenta maior grau de complexidade, pela necessidade de equipamentos mais sofisticados como barco a motor juntamente com operador capacitado, por exemplo. Somada a esta necessidade, há a demanda por recursos financeiros, geralmente indisponíveis ou disponíveis de forma burocrática. Exposta a problemática acima, poucos estudos tem sido desenvolvidos quanto à variação dos parâmetros de qualidade da água ao longo de uma seção transversal de rio. Pressupõe-se que a dinâmica de fluxo em rios é regida principalmente por fenômenos de advecção, mistura completa, entretanto, são precárias as informações quanto aos fenômenos existentes na coluna d'água e sua interação com leito de fundo, sedimento.

Isto posto, este trabalho visa mensurar parâmetros quali-quantitativos ao longo da seção transversal do Rio Iguaçu, situado na bacia do Alto Iguaçu, região do município de Guajuvira. Outro assunto em pauta pelo presente trabalho, refere-se à universalização de métodos analíticos, em especial ao de mensuração de matéria orgânica, demanda bioquímica de oxigênio, DBO. O ensaio de DBO é intitulado como parâmetro de referência quando o assunto é análise do impacto de cargas orgânicas, em especial em ambientes urbanos. Contudo, a DBO adquiriu proporções mundiais de prestígio a tal ponto, que seu caráter metodológico complexo, o fato da não praticidade do ensaio, e da presença de interferentes como cloro e demanda nitrogenada, passaram a ser banalizados pela comunidade científica. Assim, pretende-se também avaliar o grau de dificuldade e subjetividade existente na adoção dos métodos de DBO titulométrica e DBO manométrica, para a determinação do teor de matéria orgânica presente no recurso hídrico em estudo.

Adicionalmente, no Projeto “*Bacias Críticas: Bases Técnicas para a definição de Metas Progressivas para seu Enquadramento e a Integração com os demais Instrumentos de Gestão*”, desenvolvido em parceria entre a UFPR e a USP, durante o período de 2005 a 2007 (PORTO *et al.*, 2007), realizou o monitoramento (20 coletas) de parâmetros de qualidade da água de 7 estações ao longo dos rios Iraí e Iguaçu, cobrindo uma extensão de aproximadamente 107 km. De forma complementar, no período de março a agosto de 2008 foram realizadas 5 coletas nas 7 estações mencionadas (KNAPIK 2009; FRANÇA, 2009). E mais 10 coletas no período de julho de 2009 a

dezembro de 2010 decorrentes do Projeto Integra. Contudo, o banco de dados adquirido com a junção dos resultados determinados pelo Projeto Bacias Críticas, trabalhos de Knapik (2009) e França (2009), e Projeto Integra, sumarizam 35 coletas em 7 pontos de monitoramento, sendo que destes 7 pontos, 5 são coletados na margem do rio e os 2 restantes em conformidade com o disposto pela NBRs nº 9.897 (ABNT, 1987a).

1.3. METODOLOGIA ADOTADA

Para o cumprimento dos objetivos propostos por este trabalho, com base na NBRs nº 9.897 (ABNT, 1987a) foram estipulados cinco pontos amostrais ao longo de uma seção transversal de rio, sendo que tais pontos foram monitorados no decorrer de seis coletas quanto aos parâmetros de turbidez, condutividade, pH, vazão, OD titulométrico e de sensor, DBO titulométrica e manométrica, DQO titulométrica e colorimétrica, COT, nitrogênio total, nitrito, nitrato, fósforo total, fósforo reativo, série de sólidos, espectroscopia na região do ultravioleta e visível e espectroscopia de emissão de fluorescência. Como ferramenta de auxílio para aquisição de amostras da coluna d'água, utilizou-se uma garrafa de Van Dorn.

A partir da análise de parâmetros de qualidade monitorados nos cinco pontos, pretende-se adquirir conhecimentos sobre a dinâmica existente na seção transversal do rio, e detectar o grau de variação desses parâmetros de qualidade ao longo da seção. Em posse dessas informações, apresentar um parecer quanto ao erro embutido e custo benefício das técnicas de coleta em desconformidade com as normas.

Paralelamente à coleta de amostras de água, a coleta de amostras de sedimento do leito de fundo do rio foi proposta para avaliar o nível de interação entre a coluna d'água e o sedimento. Para tanto, amostras de sedimento foram coletadas com auxílio de uma draga de Petersen, armazenadas em sacos plásticos e congeladas para posterior mensuração de carbono orgânico, nitrogênio total e fósforo total.

A avaliação dos resultados foi realizada com auxílio de ferramentas estatísticas; estimação da disparidade entre os métodos de DBO titulométrica e manométrica, DQO titulométrica e colorimétrica, OD titulométrico e de sensor; estimação de disparidade entre os pontos amostrados ao longo da seção; e disparidade entre as coletas ou período monitorado. Por fim, com os resultados estatísticos pretende-se apresentar um parecer quanto ao nível de impacto na gestão de

recursos hídricos em decorrência dos procedimentos de coleta e/ou processamento de dados e/ou adoção de técnicas distintas de avaliação de concentração de matéria orgânica.

1.4 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

De modo a facilitar a compreensão do trabalho desenvolvido, o mesmo foi estruturado em sete capítulos.

Capítulo I expõe a importância dada ao parâmetro de demanda bioquímica de oxigênio, em termos de gestão de recursos hídricos. Introduz a diversidade metodológica para obtenção do teor de matéria orgânica em rios, e a confiabilidade depositada em tais métodos pela comunidade científica. Aborda ainda, a precariedade de estudos de variabilidade dos parâmetros de qualidade da água na coluna d'água de rios com ênfase nas técnicas de amostragem.

Capítulo II apresenta um breve parecer quanto à situação legal da gestão de recursos hídricos no Brasil. Salienta a necessidade de técnicas de monitoramento para manutenção de um banco de dados conciso, além de abordar a interação entre os principais constituintes presentes na coluna d'água e no sedimento.

Capítulo III contém a dinâmica da matéria orgânica em meios aquáticos, além de fornecer metodologias usuais para sua quantificação e caracterização. Adicionalmente, apresenta discussão crítica quanto aos distintos métodos de mensuração de constituintes como matéria orgânica, oxigênio dissolvido, fósforo, nitrogênio e sólidos.

Capítulo IV apresenta o objeto de estudo, rio Iguaçu, e planejamento deste trabalho, em termos de localização e número de coletas e pontos amostrais, periodicidade das coletas, ensaios laboratoriais a serem desenvolvidos e adoção de ferramenta estatística para processamento dos dados obtidos.

Capítulo V contém os resultados processados para todos os parâmetros avaliados, aplicação de análise de variância, teste de Tukey e correlação linear de Pearson (r). E apresenta um parecer quanto aos assuntos levantados por este trabalho, de avaliação de análises físico-químicas, em especial ao ensaio de DBO, e avaliação da variabilidade existente ao longo de uma seção transversal de rio.

Capítulo VI expõe as conclusões obtidas a partir da coleta e processamento dos dados, além de recomendações para futuras pesquisas no que tange o assunto.

Capítulo VII contém os trabalhos estudados para a realização deste, além de fornecer informações adicionais em anexo.

Capítulo 2

ASPECTOS CONCEITUAIS PARA A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E A RELEVÂNCIA DO MONITORAMENTO AMBIENTAL

A água, recurso natural renovável por meio do ciclo hidrológico, é essencial para o desenvolvimento e manutenção da vida. A disponibilidade desse recurso em quantidade e qualidade está entre os fatores a limitar e/ou definir variações de ecossistemas. Problemas relacionados com a quantidade – escassez, estiagens e cheias – e qualidade da água – poluição em geral – inviabiliza atividades de abastecimento humano, dessedentação de animais, usos econômicos, que, em essência, induzem reflexos sobre a sustentabilidade do meio ambiente.

O Brasil pode ser considerado um país privilegiado em termos de disponibilidade de recursos hídricos, visto que detém cerca de 13 % dos recursos superficiais do mundo e em seu domínio territorial. Porém, a expressiva disponibilidade do recurso, desencadeou na população consciência ambiental fragilizada e consequente uso abusivo e desrespeitoso de rios e mananciais. Em escala nacional, a tomada de consciência ambiental quanto à situação aquática, ocorreu de modo expressivo no estado de São Paulo, que em 1991 promulgou uma política estadual de recursos hídricos incentivada por grandes problemas de poluição hídrica no estado (ANA, 2002).

Entretanto, a gestão de recursos hídricos em termos de água potável envolve problemas em escala global. Por exemplo, em países de primeiro mundo como é o caso dos Estados Unidos, a poluição difusa – escoamento de origem agrícola e urbano, deposição atmosférica – consiste na principal fonte de comprometimento da qualidade de seus rios e córregos. Entretanto, existe uma incerteza considerável sobre as reais fontes de poluição difusa e procedimentos de sua quantificação e controle. Ao contrário da poluição pontual de fácil detecção e regulamentada pela política americana de *Control Water Act* – CWA (OLMSTEAD, 2010).

De acordo com United National (2003), cerca de 1,1 bilhões de pessoas no mundo não possuem acesso à água potável, o que as torna vulneráveis às doenças de vinculação aquática. Adicionalmente, a Organização Mundial da Saúde – OMS (2007) estima que 25 milhões de pessoas morrem anualmente no mundo, em virtude de doenças de vinculação hídrica como cólera e diarreias.

Para Olmstead (2010) o impacto decorrente da inadequada gestão da água com qualidade é transmitido ao ser humano de forma gradativa e em longo prazo. O que torna os problemas de qualidade da água, aparentemente, menos relevantes que os de qualidade do ar, por exemplo. Visto que a poluição atmosférica apresenta impacto significativo e direto à saúde humana. Contudo, tanto países industrializados quanto os em desenvolvimento apresentam preocupações crescentes com o futuro da gestão da água. Estudo efetuado por World Bank Water Demand Research Team (1993) sugere que o maior nível de educação da sociedade está correlacionado com a sua maior disposição em pagar por água de qualidade.

2.1 MONITORAMENTO AMBIENTAL

A dificuldade inerente em se estudar o meio ambiente em geral, para que se consiga definir metas corretivas aos problemas gerados pela ação do homem e planejar ações futuras, reside em encontrar dados confiáveis de monitoramento das mudanças ocorridas ao longo do tempo.

Em termos de qualidade, a água pode ser considerada um recurso finito, escasso e de valor econômico agregado. Ainda, água pode ser recurso primordial a ponto de definir o desenvolvimento de uma região. No Brasil o monitoramento da qualidade das águas superficiais, por parte dos setores responsáveis, é bastante deficitário, fato este que corrobora com a falta de programas específicos, infra-estrutura adequada ou recursos financeiros (BARROS, *et. al.*, 2000)

A necessidade de adoção de técnicas de monitoramento de meios aquáticos foi em grande parte incentivada pela modernização agrícola sobre extensas áreas com consideráveis impactos devido ao uso demasiado de produtos agroquímicas que somados às fortes enxurradas modificaram aspectos físico e químico de ambientes antes naturais. Aliados aos impactos decorrentes das atividades agrícolas, não menos importantes, podemos citar o desenvolvimento da zona urbana responsável por grandes aportes de poluição na forma de despejos domésticos e industriais ao meio ambiente, em especial aos recursos hídricos (OLIVEIRA, 2011).

Assim, a avaliação periódica de diferentes parâmetros de qualidade de água através do monitoramento, de forma a consistir em um banco de dados, fornece ao órgão gestor uma fotografia da situação qualitativa do corpo hídrico em questão, além de fornecer uma perspectiva evolutiva geral na análise simultânea dos dados (BOYACIOGLU, 2007).

2.1.1 COLETA E AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS

O provimento da Lei nº 9.433 de 1997 (BRASIL, 1997) que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos, pode ser considerado um marco evolutivo em termos de gestão de recursos hídricos no Brasil. Entretanto, o conteúdo disposto pela Lei citada encontra-se em fase de aplicação, ou seja, na prática o disposto quanto aos instrumentos de gestão de corpos d'água ainda não está integralmente consolidado. Adicionalmente, mesmo embasado por leis, normas e demais instrumentos de gestão, há certas dificuldades incumbidas ao gestor que ainda permanecem como incógnitas. Principalmente quando se trata de monitoramento de recursos hídricos, em que deve-se optar, por vezes sensivelmente, pelo número e localização de pontos amostrais, técnicas de coleta, número de parâmetros a serem avaliados, metodologias laboratoriais, e métodos de análise de dados.

Quanto à coleta de amostra, a NBR 9.897 (ABNT, 1987a), prescreve técnicas de coleta para os casos de estudo em lagos e rios. No caso de estudos em rios, em que a amostragem ocorre com a definição de vários pontos amostrais distribuídos ao longo do comprimento do rio, a norma sugere quando amostragem pontual, coleta no meio da seção e a meia profundidade. Contudo, os incipientes estudos sobre a dinâmica de uma seção transversal de rio podem ser fomentados pela mesma normativa citada quanto ao número e localização dos pontos amostrais ao longo da coluna d'água. A Figura 2.1 apresenta a estipulação de pontos amostrais segundo a normativa.

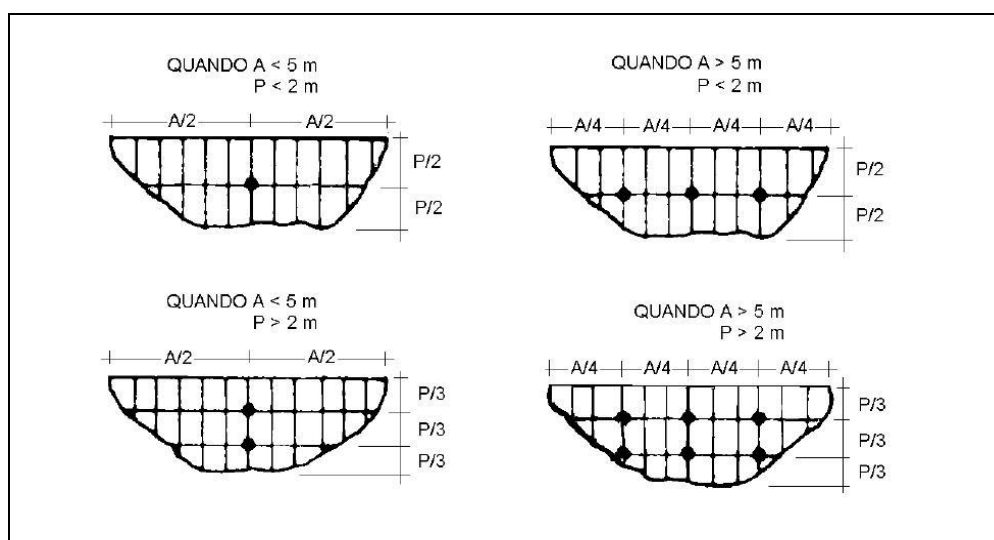


Figura 2.1 – Determinação do número de pontos de coleta em estudos de seção transversal.
Fonte: ANBT, 1987a.

Logo, a partir da ilustração acima, Figura 2.1, pode-se definir o melhor número de pontos em função da relação existente entre largura e profundidade do rio em estudo. Quanto a estipulação dos parâmetros de qualidade a serem monitorados, vale salientar que a quantidade e a natureza dos constituintes presentes na água variam principalmente conforme a natureza do solo de onde são

originárias, da hidrologia da bacia hidrográfica e do grau de poluição que lhes é conferido. Uma análise completa de uma água natural inclui variados parâmetros físicos, químicos e biológicos, o que pode ser sumarizado em mais de cinquenta ensaios.

Assim, a definição dos parâmetros de qualidade de água a serem monitorados deve estar em concordância com o propósito do estudo. De forma a obter informações importantes em prol de uma melhor gestão de recursos hídricos, e concomitantemente, evitar gastos desnecessários com o a aquisição e processamento de dados adicionais.

2.1.2 ÁGUA E ASPECTOS FÍSICOS

Características e peculiaridades como tipo de solo, inclinação, rugosidade, clima, intensidade de precipitação, vazão, e demais inerentes de bacias hidrográficas tornam os escoamentos de rios complexos e dinâmicos. A dinâmica de corpos d'água os intitula a capacidade de movimento e consequente capacidade de transporte de substâncias. Assim, poluentes introduzidos de forma difusa ou pontual são transportados ao longo do rio, de modo que sua concentração varia no espaço e no tempo, exceto o caso de substâncias conservativas. O transporte pode ser regido por fenômenos de advecção ou difusão, ou por ambos, efeito conjunto denominado de dispersão (OLIVEIRA, 2011).

A advecção ocorre quando o transporte de substâncias é estimulado pelo campo de velocidade da água. Sendo que quanto mais intenso for o campo de velocidades, mais rápido será o transporte das substâncias. Ainda, o transporte de substâncias em meios fluidos pode ocorrer por meio de processos difusivos como a difusão molecular e a difusão turbulenta. A difusão molecular resulta do movimento decorrente da agitação térmica das partículas presentes no corpo hídrico, onde a mistura ou transporte da substância ocorre devido à diferença de concentração. Contudo este efeito em corpos hídricos naturais é praticamente desprezível. Já a difusão turbulenta, como o nome sugere, a existência de turbulência no escoamento da água provoca mistura rápida das substâncias presentes. Tal mistura ocorre em uma taxa muito mais intensa que a observada para a difusão molecular e é um mecanismo extremamente eficiente para a diminuição da concentração de poluentes em meios fluidos (BRAGA, 2005).

O meio aquático ainda abriga uma rede complexa de transformações químicas, físicas e biológicas de inúmeras substâncias presentes. Atenção especial é depositada em compostos nitrogenados, fosforados, matéria orgânica, metais e sedimentos. A presença de nutrientes em excesso na água, em especial de sais de nitrogênio e fósforo, pode promover prejuízos aos corpos hídricos por favorecer o crescimento acentuado de algas, fenômeno conhecido por eutrofização.

Constituem fontes de nutrientes aos corpos d'água; erosão de solos, fertilização artificial dos campos agrícolas, e decomposição natural de matéria orgânica biodegradável existente no solo e na água (BOYACIOGLU, 2007).

2.1.3 SEDIMENTO

O fenômeno intemperismo atuante em meios rochosos, compostos minerais e solos em geral, desencadeia a formação do sedimento presente no leito de rios, em que os subprodutos do fenômeno mencionado são carregados pela drenagem natural até corpos hídricos. O sedimento em meio aquático desempenha função importante de armazenamento e transporte de nutrientes e de compostos contaminantes ao longo do sistema hidrográfico. Os processos de adsorção e liberação do material adsorvido ao sedimento são influenciados por condições físico-químicas como, pH, oxigênio dissolvido e microrganismos. Ainda, constituintes do sedimento podem degradar-se ou reagir com outros, dando formas solúveis ou potencialmente mais tóxicas (FROEHNER, 2009).

O transporte de sedimentos possui efeito mais acentuado em rios de menor dimensão, e especialmente em bacias de montanha que apresentam uma menor capacidade de armazenamento e uma resposta a picos de precipitação mais rápida, transportando cargas sedimentares significativas em períodos de tempo reduzidos. Fato que está bastante relacionado a problemas de assoreamento de canal, em que o aporte de sedimentos no sistema aquático pode até impedir as interações entre águas superficiais e subterrâneas (COTTON, 2006).

Segundo Förstner (2004), emissões antrópicas causaram elevada deterioração da qualidade dos sedimentos na década de 1970 e 1980. Adicionalmente, as condições hidrodinâmicas de muitos rios foram alteradas pela construção de obras hidráulicas, como diques, barragens, sistemas de drenagem e por mudanças no uso da terra, como desmatamento e urbanização. De acordo com Reis *et al.* (2001) sedimentos são componentes fundamentais do ambiente fluvial, providenciando nutrientes para os organismos vivos e atuando como depósito para muitos contaminantes de origem antrópica, devido às suas características físicas e químicas. A Figura 2.2 esboça a dinâmica de rios em termos de formação de sedimento por meios naturais ou por influências de atividades antrópicas.

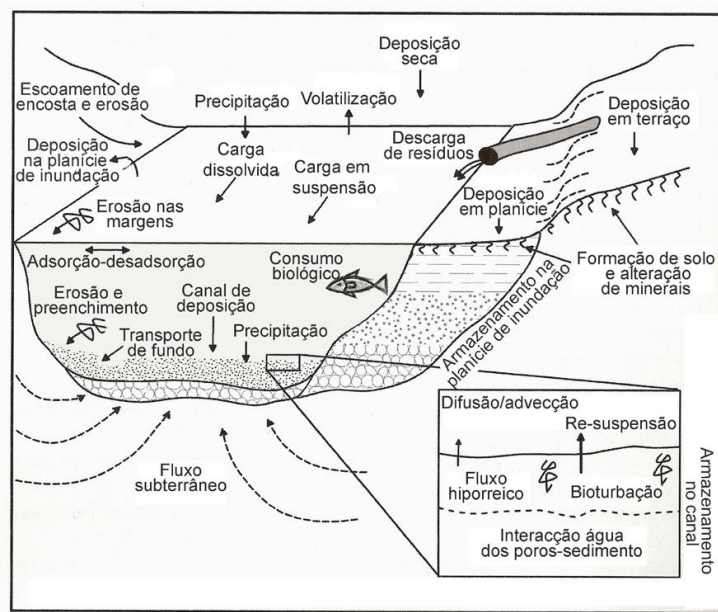


Figura 2.2 – Modelo conceitual da interação sedimento-água.

Fonte: Reis *et al.* (2001).

2.1.4 IMPACTOS NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

O uso múltiplo e integrado dos recursos hídricos, idealizado por muitos gestores, pode conter um inconveniente de caráter gerencial. Visto que a unidade de gestão é a bacia hidrográfica e que esta pode contemplar territorialmente, mais de uma jurisdição. Nestes casos, a gestão harmônica requer por parte dos usuários a definição de regras operacionais comuns para todos os setores envolvidos em prol do desenvolvimento e sustentabilidade da bacia hidrográfica (ANA, 2002). Em geral, a gestão de recursos hídricos está sujeita a impactos derivados da complexidade do sistema bacia hidrográfica. Aliado ao fato de que cada unidade operacional de gestão, ou seja, cada bacia hidrográfica possui respectivas peculiaridades de ciclo hidrológico, condições climáticas, e composição e uso do solo (OLIVEIRA, 2011).

Ainda, a gestão de recursos hídricos é penalizada por falhas no monitoramento, uma vez que as vantagens decorrentes da adoção de técnicas de monitoramento estão correlacionadas com a manutenção da periodicidade amostral e execução precisa dos métodos analíticos. Vale salientar que a avaliação na forma de um parecer quanto a situação qualitativa de corpos hídricos com base no monitoramento e análise dos resultados, deve compreender as inter-relações respectivas entre parâmetros qualitativos e os aspectos de quantidade de água (KNAPIK, 2009).

2.2 A IMPORTÂNCIA DA QUESTÃO DO MONITORAMENTO DE MATÉRIA ORGÂNICA.

A matéria orgânica presente em ambientes aquáticos pode ser de origem natural do sistema, ou seja, derivada da degradação de compostos vegetais e/ou da produtividade primária. Entretanto, a maior fonte de matéria orgânica nestes ambientes é decorrente de atividades antropogênicas industriais como papel e celulose, curtumes, matadouros entre outras, e domiciliares, esgoto doméstico (ROSARIO-ORTIZ, 2007). De forma a remediar o inconveniente ambiental referente ao potencial orgânico, efluentes são submetidos a estações tratamentos de efluentes (ETE's) que promovem a remoção de carga orgânica a nível aceitável segundo legislação vigente para posterior despejo em corpos hídricos capazes em autodepurarem a carga imposta.

Contudo, o sistema de tratamento de esgoto no Brasil apresenta-se ainda incipiente e deficitário. De acordo com IBGE (2008), de 5.565 municípios abrangidos na pesquisa na referente data, 3.069 possuem sistema de coleta de esgoto e desses, 1.587 contam com o tratamento do efluente, fato que nos remete a 78% de municípios sem tratamento de esgoto, o que torna o problema de descarga de matéria orgânica mais preocupante em termos de gestão de recursos hídricos. Somado a isto, salienta-se que segundo Metcalf e Eddy (1991), em esgoto predominantemente doméstico, 75% dos sólidos em suspensão e 40% dos sólidos dissolvidos são de natureza orgânica.

Dentre as conseqüências incumbidas ao aporte de carga orgânica em corpos hídricos, destaque para a depleção, devido aos processos microbiológicos, do oxigênio dissolvido – elemento de vital importância à manutenção de organismos e reações aquáticas diversas. Neste contexto, o monitoramento de matéria orgânica surge como ferramenta fundamental para avaliação da qualidade do corpo hídrico, com vistas a sustentabilidade da biota aquática, além de subsidiar um histórico evolutivo do ambiente hídrico que corrobora com a definição de metas progressivas de despoluição hídrica (ROSARIO-ORTIZ, 2007). O Capítulo seguinte, explana com mais detalhes a problemática decorrente de excessiva carga orgânica em sistemas aquáticos, assim como as técnicas usuais de mensuração.

Capítulo 3

POLUIÇÃO DE CORPOS HÍDRICOS POR MATÉRIA ORGÂNICA

Poluição da água é a alteração de suas características química, física e/ou biológica por quaisquer ações, interferências naturais ou devido a atividades antropogênicas. A poluição apresenta efeitos relativos, dependentes de peculiaridades do poluente como carga, nocividade, capacidade lipossolúvel, biodegradabilidade, etc., e do corpo receptor como vazão, capacidade de autodepuração, turbulência, entre outros (BRAGA, 2005).

Ecossistemas aquáticos não perturbados apresentam níveis satisfatórios de oxigênio dissolvido (OD), de modo a ser mantido neste sistema um equilíbrio natural entre produção e consumo de oxigênio. No entanto, este equilíbrio natural pode ser interrompido por despejos orgânicos (por exemplo, efluentes domésticos, industriais e agrícolas) que colaboram com a depleção do OD quando estabilizados por microrganismos aeróbios. Dentre os parâmetros existentes de qualidade da água, o OD é o mais significativo relacionado à sustentabilidade da vida aquática (KIELY, 1996). Em um corpo hídrico, pode haver outros fatores que causem depleção do oxigênio presente, além da oxidação da matéria orgânica carbonácea, como a demanda nitrogenada (oxidação do nitrogênio molecular e amônia para a forma de nitrito e deste para a de nitrato) e a demanda bentônica (oxidação da camada superior do lodo de fundo).

Cabe destacar também que segundo Rocha, Rosa e Cardoso (2004), as principais formas de introdução de oxigênio em um curso hídrico são: via superfície do recurso hídrico (reaeração atmosférica) e via processos fotossintéticos que ocorrem devido a atividades de algas e plantas submersas.

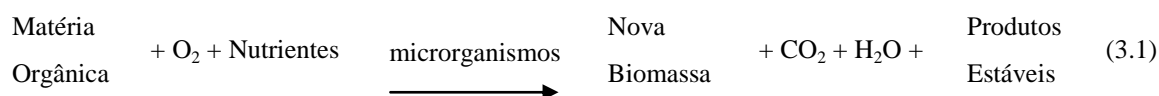
A introdução de poluentes em meios aquáticos pode ocorrer de forma pontual ou difusa. A poluição do tipo pontual caracteriza-se por lançamentos individualizados, de fácil reconhecimento: esgotos sanitários ou efluentes industriais, por exemplo. Já a poluição enquadrada como difusa não apresenta um ponto de lançamento específico, ocorre de forma distribuída ao longo das margens dos rios. São fontes de poluição difusa as substâncias provenientes de campos agrícolas e de drenagem urbana (BRAGA, 2005). Ainda, a presença de poluentes orgânicos em meios aquáticos

pode ser oriunda do solo, ou do próprio sistema aquático como ressuspensão do sedimento e biota aquática.

3.1 DINÂMICA DA MATÉRIA ORGÂNICA

Efluente com alta concentração de matéria orgânica lançado em um curso d'água pode ser degradado por microrganismos aeróbios, geralmente bactérias, através de reações bioquímicas. No entanto, estes microrganismos ao desenvolverem atividades de estabilização da matéria biodegradável, consomem na sua respiração o oxigênio dissolvido (OD) existente na água. Outra forma de estabilização da matéria orgânica ocorre através de microrganismos anaeróbios que exercem suas atividades de degradação na ausência de OD (BRAGA, 2005; MACÊDO, 2006).

Contudo, o principal problema decorrente de despejos biodegradáveis em corpos hídricos é a redução da concentração de OD pela respiração microbiológica. A redução de concentração de oxigênio diminui a biodiversidade aquática, ou seja, causa a morte de peixes e de outros organismos que necessitam de oxigênio para subsistência (NUVOLARI *et al.*, 2003). Segundo Kiely (1996), a Reação 3.1 expressa um processo bioquímico característico de efluentes essencialmente orgânicos em corpos d'água:



Como apresentado pela reação, há o consumo de oxigênio por microrganismos que realizam a estabilização da matéria orgânica complexa. Caso haja valores excepcionalmente elevados de carga orgânica, o oxigênio existente pode ser totalmente consumido, o que propicia condições de anaerobiose.

Em síntese, a matéria orgânica no ecossistema encontra-se nas formas de carbono orgânico dissolvido (COD), carbono inorgânico dissolvido (CID), carbono orgânico particulado (COP), nos sedimentos e na biota aquática. A dinâmica da matéria orgânica em ecossistemas aquáticos está relacionada com processos físicos – sedimentação e ressuspensão –, químicos – floculação, adsorção, difusão, fotólise e hidrólise – e biológicos – autólise, excreção, decomposição – (USEPA, 1985).

O comportamento da matéria orgânica em sistemas aquáticos tem despertado grande interesse em ambientes de pesquisa no âmbito de poluição de recursos hídricos, tanto por se tratar de um comportamento complexo com muitas interações, quanto por estar entre os principais tipos de poluição, responsável por causar depleção de oxigênio dissolvido. Neste contexto, em estudo sobre modelagem da qualidade da água, Villa (2005) contemplou a dinâmica da matéria orgânica no Lago do Parque Barigüi, Curitiba – Pr, por meio do balanço de massa. Neste mesmo Lago Barigüi, Bem (2009) realizou além de estudos de nível de trofia, também de avaliação da dinâmica da coluna d'água ao mensurar teor orgânico por métodos de DBO, DQO e COT, em amostras coletadas na lâmina d'água e em profundidade.

Adicionalmente, em estudo no rio Iguaçu situado na bacia do Alto Iguaçu – Pr, Knapik (2009) promoveu a integração do monitoramento de campo com a implementação e calibração do modelo QUAL2E de qualidade de água, atividade que exigiu entendimento detalhado da dinâmica da matéria orgânica no rio em estudo, para então definir e simular metas progressivas de remoção de carga, e posterior enquadramento do corpo hídrico. Por outra perspectiva, França (2009) realizou avaliação estatística por meio de análise multivariada em dados de qualidade provenientes de monitoramento no rio Iguaçu, situado na bacia do Alto Iguaçu, com o propósito de subsidiar comitês de bacias hidrográficas e órgãos gestores de recursos hídricos quanto a adequação do monitoramento de forma a indicar os principais parâmetros de qualidade da água.

Em suma, diversos trabalhos foram e tem sido desenvolvidos com o propósito de compreender a dinâmica da matéria orgânica em meios fluidos, cada qual com abordagem metodológica própria, seja por uma visão conceitual, técnica, estatística, e/ou mais matemática por meio de modelos matemáticos. E cada trabalho realizado, marca um acréscimo evolutivo em prol da gestão de recursos hídricos.

3.1.1 FENÔMENO DE AUTODEPURAÇÃO

De acordo com Braga (2005) e Von Sperling (2005), quando um corpo d'água é poluído por despejos capazes de reduzir significativamente a concentração de OD (poluição por despejos domésticos, por exemplo), o mesmo desencadeia atividades de recuperação, denominado autodepuração. A autodepuração de um corpo hídrico se desenvolve ao longo do tempo por meio de processos físicos: diluição e sedimentação; químicos: oxidação; e biológicos: decomposição. Resumidamente, a autodepuração pode ser dividida em 5 zonas:

1º) Zona de Águas Limpas: ambiente aquático apresenta-se em condições normais de água limpa, alta biodiversidade, e presença de oxigênio. Ou seja, sem qualquer perturbação.

2º) Zona de Degradação: localiza-se a jusante do ponto de lançamento do despejo concentrado em matéria orgânica biodegradável não estabilizada. Apresenta considerável sedimentação de sólidos, atividades de digestão biológica com geração de gás carbônico, comunidade aquática reduzida e significativa presença de bactérias entéricas no caso de poluição por despejos domésticos.

3º) Zona de Decomposição Ativa: a qualidade da água apresenta-se em seu estado mais deteriorado devido à atividade microbiológica estar em seu auge de degradação. Assim, os níveis de OD são baixíssimos, enquanto que os níveis de metano, gás sulfídrico, mercaptanos e gás carbônico são consideráveis.

4º) Zona de Recuperação: o lodo de fundo quase não apresenta desprendimento de gases, a matéria orgânica foi praticamente em sua totalidade degradada, os níveis de OD aumentam, e a comunidade aquática começa a se restabelecer. Ocorre ainda, a fertilização do ambiente aquático pela produção de sais minerais nitrato (através da nitrificação) e fosfato (pela transformação do fósforo).

5º) Zona de Águas Limpas: esta etapa é caracterizada por restabelecer a condição aquática anterior ao lançamento do despejo. Contudo, o lodo de fundo pode não estar completamente estabilizado, podendo se desprender do fundo e vir a compor a massa líquida caso haja aumento suficiente da vazão e/ou da velocidade do corpo hídrico.

A Figura 3.1 ilustra algumas características específicas de biodiversidade, DBO, OD, sólidos suspensos e outros de cada etapa da autodepuração.

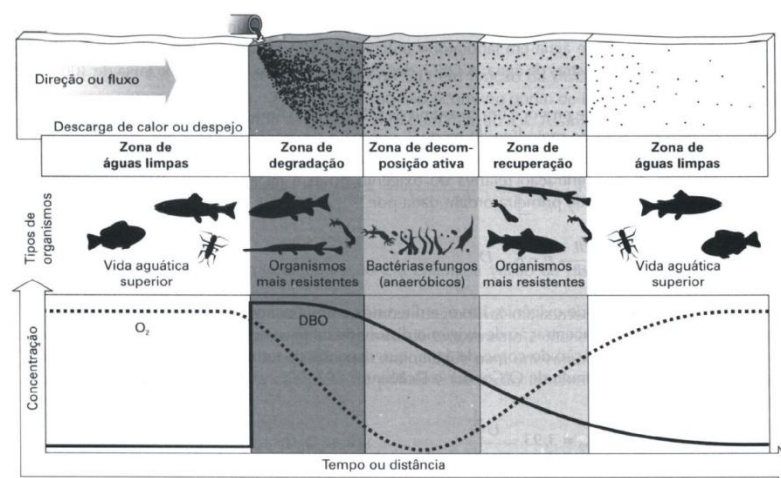


Figura 3.1 – Zonas da autodepuração.

Fonte: BRAGA *et al.*, 2005.

3.2 MÉTODOS DE QUANTIFICAÇÃO

Determinar em laboratório a constituição da matéria orgânica não é um procedimento usual, tanto pela diversidade de componentes presentes como proteínas, carboidratos, gorduras, etc., quanto pela variedade de combinações que estes componentes podem apresentar. Assim, para quantificar a matéria orgânica adotam-se métodos indiretos como DBO, DBOu e DQO e o método direto COT. Resumidamente, os métodos indiretos quantificam a matéria orgânica em termos de oxigênio consumido para sua estabilização. E o método direto, quantifica a matéria orgânica em termos de presença do carbono orgânico em uma amostra do fluido (VON SPERLING, 2005).

3.2.1 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)

A demanda bioquímica de oxigênio, também conhecida por DBO padrão ou $DBO_5^{20^{\circ}C}$, representa a quantidade de oxigênio dissolvido necessária aos microrganismos aeróbios para a estabilização da matéria orgânica biodegradável, e quanto maior a presença de matéria biodegradável, maior será o valor da DBO (NUVOLARI, *et al.*, 2003; MACÊDO, 2006). Os métodos de ensaio laboratorial da DBO possuem algumas variações conforme o autor e/ou as características do fluido que se deseja analisar. Sendo possível efetuar o ensaio pelos métodos do Permanganato de Potássio, Iodométrico ou *Winkler*, Eletrolítico e Respirométrico ou Manométrico (APHA, 1998).

Em resumo, o ensaio de DBO consiste em preencher um refratário específico com a amostra do fluido desejado (águas ou efluentes) e incubá-la na temperatura de 20°C por um período de 5 dias. A DBO é calculada a partir da diferença de concentração de OD, o qual é medido inicialmente e ao final do período de incubação (ABNT, 1992; APHA, 1998). Quando uma amostra é submetida a tais condições, admite-se que 80% da matéria orgânica complexa foram estabilizadas e a partir do 5º dia iniciam-se os processos de nitrificação ou demanda nitrogenada. A oxidação total da matéria biodegradável ocorre em 20 dias ou mais e pode ser quantificada através do ensaio de DBOu, no qual, a amostra de estudo é submetida às mesmas condições do ensaio de DBO com exceção do período de incubação que passa a ser de 20 dias (ABNT, 1992).

Segundo ABNT (1992), APHA (1998) e Von Sperling (2005), o teste da DBO padrão pode apresentar algumas adaptações quando realizado com efluente de alta concentração de material orgânico que consome todo o OD antes mesmo do período de cinco dias, estabelecendo na amostra um estado de anaerobiose, o qual é indesejado. Nestes casos, é necessário reduzir a concentração de matéria orgânica através de várias diluições. É comum também, a introdução de organismos decompositores na amostra, processo conhecido como semeadura, caso a amostra não contenha

microrganismos capazes de degradar a matéria orgânica presente. Além disso, com o objetivo de se medir o oxigênio consumido unicamente pela degradação da matéria orgânica carbonácea, se adiciona na amostra um inibidor da nitrificação, ou demanda nitrogenada.

Propriedades indesejadas contidas na amostra em estudo e capazes de influenciar nos resultados da DBO devem ser corrigidas ou removidas através de técnicas de pré-tratamento da amostra. Estão entre tais características: pH – que deve ser corrigido para a faixa entre 6,5 e 7,5 –, presença de substâncias tóxicas, amostras supersaturadas com oxigênio, temperatura – de 20 (±) 1°C é a recomendada –, atividades de nitrificação, a proporção entre orgânicos solúveis e particulados, e entre sólidos suspensos e sedimentáveis, e presença de cloro residual. Para averiguar o grau de interferências no ensaio laboratorial de DBO, utiliza-se a técnica de monitoramento através ácido glutâmico-glicose. Pelo qual, realiza-se periodicamente a verificação da qualidade da água de diluição, eficácia das sementes, e a técnica analítica de fazer medições da DBO, através de uma mistura de 150 mg/L de glicose e 150 mg/L de ácido glutâmico, como um "padrão" de solução. A glicose possui uma taxa de oxidação variável e por vezes muito elevada, entretanto, na presença de ácido glutâmico, a taxa de oxidação da glicose estabilizada é semelhante ao obtido com muitas águas residuais de municípios (ABNT, 1992; APHA, 1998).

No entanto, a técnica descrita acima (ácido glutâmico-glicose) é apenas um ponto de referência para a avaliação da qualidade da água de diluição, eficácia sementes, e técnica analítica. Não há nenhuma medida inteiramente confiável, até o momento, para estabelecer exatidão no teste da DBO (ABNT, 1992).

3.2.2 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO)

A demanda química de oxigênio (DQO) mede o oxigênio consumido através da oxidação química de compostos orgânicos presentes. Portanto, o valor obtido é uma estimativa indireta do teor de matéria orgânica. No teste de DQO estão sujeitas a oxidação tanto a fração biodegradável quanto a não biodegradável ou inerte da matéria orgânica (APHA, 1998), fato este que pode superestimar a demanda requerida de oxigênio (VON SPERLING, 2005).

A DBO e DQO diferem pelo fato da primeira representar a oxidação bioquímica da matéria orgânica realizada pela ação microbiológica e a segunda por representar a oxidação química da matéria orgânica realizada através de um forte oxidante, normalmente, dicromato de potássio, $K_2Cr_2O_7$ (NUVOLARI, *et al.* 2003). A reação principal da DQO pode ser representada pela Reação 3.2 (ROCHA, ROSA, CARDOSO, 2004):



De forma simplificada, o ensaio de DQO consiste em oxidar uma amostra com valor conhecido de solução de dicromato de potássio sob ação do calor e em meio a ácido sulfúrico, e tendo como catalisador o sulfato de prata. Após duas horas de digestão, é feita titulação com uma solução padronizada de sulfato ferroso amoniacal onde o residual de dicromato é titulado, tendo como indicador a ferroína. A quantidade de dicromato de potássio oxidado é equivalente à quantidade de oxigênio consumido, ou ao potencial de matéria orgânica presente (ROCHA, ROSA, CARDOSO, 2004; MACÊDO, 2006). Caso seja adotado o método colorimétrico de refluxo fechado, a etapa seguinte a digestão consiste na leitura de comprimento de onda em espectrofotômetro, geralmente com $\lambda = 630 \text{ nm}$. O teste não é afetado pela nitrificação, dando uma indicação da oxidação apenas da matéria orgânica carbonácea. A oxidação dos compostos orgânicos por meio do método do refluxo do dicromato é de 95 a 100% do valor teórico (¹SALDANHA, 2004 *apud* VILLA, 2005). A análise de DQO gera resíduos tóxicos de mercúrio, cromo hexavalente, ácido sulfúrico, prata e ácidos (APHA, 1998).

Segundo Von Sperling (2005) e Macêdo (2006), as principais vantagens do teste de DQO são: a obtenção em curto prazo (2 a 3 horas) dos resultados, e devido ao teste resultar numa estimativa de oxigênio requerido para estabilização da matéria orgânica. Contudo, estão entre as limitações do teste: a superestimação da demanda de oxigênio pela oxidação da fração inerte da amostra; o teste não apresenta o consumo de oxigênio em função do tempo; e certos constituintes inorgânicos podem ser oxidados e interferirem no resultado.

3.2.3 CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT)

De acordo com APHA (1998), o ensaio de Carbono Orgânico Total (COT) expressa diretamente o total conteúdo orgânico. E diferentemente de outros testes de quantificação da matéria orgânica, DBO ou DQO, o COT caracteriza-se por ser um ensaio independente do estado de oxidação dos componentes orgânicos, além de não mensurar outros elementos como nitrogênio e hidrogênio, e/ou componentes inorgânicos que podem contribuir para o declínio do nível de oxigênio.

¹ SALDANHA, J. R. Monitoramento Ambiental de Efluentes Líquidos e Corpos Hídricos. Curitiba: [s.n.], 2004. Material didático da disciplina de Monitoramento Ambiental do Curso de Especialização em Engenharia Ambiental - CEFET-PR.

Em síntese, o ensaio de COT mede todo o carbono liberado na forma de CO₂, de modo que as formas inorgânicas de carbono devem ser removidas antes da análise ou então posteriormente corrigidas através de cálculos, para assim não interferirem no objeto de estudo (APHA, 1998).

Além de mensurar diretamente o total conteúdo orgânico, o teste do COT também é um ensaio rápido (MACÊDO, 2006). A determinação do carbono orgânico pelo método, consiste na quebra e conversão da molécula orgânica para uma forma mais simples e de possível quantificação, CO₂. Esta conversão, da matéria orgânica em dióxido de carbono, pode ser realizada através de diversos meios: queima à alta temperatura com o uso de catalisadores e presença de oxigênio, ou oxidação a temperaturas inferiores à 100°C com irradiação ultravioleta, e uso de oxidantes químicos ou ainda da combinação destes. A finalização do ensaio de COT ocorre com a canalização, secagem e transferência do CO₂ para um analisador infravermelho não dispersivo ou *titrador* colorimétrico. Ou então, o CO₂ pode ser separado da amostra em fase líquida por meio de uma membrana seletiva, que irá transferi-lo para uma água ultra-pura cujo incremento da condutividade é relacionado ao dióxido de carbono que atravessa a membrana (APHA, 1998).

O método de ensaio de carbono orgânico total prescrito pela APHA (1998) apresenta as seguintes variações: método da combustão a alta temperatura, método da oxidação por aquecimento e uso de persulfato ou por irradiação ultravioleta e uso de persulfato, e o método de oxidação úmida.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA

A matéria orgânica carbonácea é baseada no carbono orgânico e pode ser descrita como uma mistura heterogênea de diversos compostos orgânicos, proteínas (40% a 60%), carboidratos (25% a 50%), gorduras e óleos (8% a 12%), uréia, surfactantes, fenóis, pesticidas e outros, os quais podem ser originários de diversas fontes (METCALF & EDDY, 1991). Assim, caracterizar a matéria orgânica presente em ecossistemas aquáticos quanto a sua estrutura química, não é uma tarefa fácil. Entretanto, identificar a procedência da matéria orgânica, ou seja, se a mesma é de origem autóctone (matéria orgânica produzida no próprio sistema aquático) ou alóctone (proveniente fora do ecossistema aquático), é possível por técnicas de Espectroscopia na região do Ultravioleta-Visível e de Espectroscopia de Fluorescência.

Para Frimmel (1998) as ferramentas analíticas disponíveis para a caracterização da matéria orgânica natural (MON) de sistemas aquáticos, têm sido desenvolvidas com precisão a ponto de caracterizá-la em condições próximas ou idênticas às encontradas nos corpos hídricos. Sendo que a

informação obtida com a caracterização da matéria orgânica é relevante para compreender e prever suas reações múltiplas e transformações no ambiente aquático. Ainda, em seus estudos o autor obteve informações valiosas sobre a distribuição de tamanho molecular e polaridade das substâncias da MON, por meio da combinação de análises de detecção sensível espectral na região de comprimento de onda visível e ultravioleta e cromatografia líquida.

A fração da MON correspondente aos compostos biodegradáveis é de grande importância para a descrição do destino da matéria orgânica em ecossistemas aquáticos. A partir da análise de curvas de crescimento microbiológico é possível obter dados quantitativos de carbono orgânico biodegradável e sua cinética de assimilação. Aminoácidos e carboidratos são conhecidos por serem bons marcadores para o direto ou indireto contato do material com o meio biótico. Além disso, a quantidade de compostos hidrolisáveis e biodegradável pode ser utilizada para uma estimativa aproximada da idade da MON. Isto é especialmente útil para a caracterização de efluentes com alto valor biológico (FRIMMEL, 1998).

A concentração total e as características da matéria orgânica em sua fração dissolvida (MOD) presentes em águas naturais são em função de fontes alóctones como restos de vegetação dissolvida transportadas por escoamento superficial, efluente de caráter orgânico de tratamento de esgoto e drenagem urbana. E em função de fontes autóctones, matéria orgânica proveniente de processos biológicos desenvolvidos dentro da coluna de água. As contribuições relativas à variação constitucional da MOD são dependentes de condições ambientais e climáticas, e variam espacialmente e temporalmente durante todo o ano. Por exemplo, o balanço de massa da MOD alóctone é afetado pelas condições hidrológicas locais, bem como pelas características da bacia hidrográfica (²AMY *et al.*, 1990 *apud* ROSÁRIO-ORTIZ, 2007). Além disso, há transformação da MOD na coluna de água por processos físicos e químicos e biológicos, incluindo fotólise, absorção e liberação de bactérias, degradação química e física, que também podem variar anualmente (HERTKORN *et al.*, 2002).

Para descrever a matéria orgânica dissolvida, faz-se uso de parâmetros gerais, incluindo carbono orgânico total (COT) e espectroscopia de absorbância ultravioleta (UV). No entanto, esses parâmetros não fornecem informações adicionais sobre a natureza e a reatividade da MOD, que podem ser avaliados em termos de medidas de tamanho e polaridade. Um parâmetro adicional, a absorção ultravioleta específica (SUVA), tem sido utilizada como um substituto para avaliar a reatividade e composição da MOD (WEISHAAR *et al.* 2003), embora a aplicabilidade de SUVA é

² Amy, G.L., Thompson, J.M., Tan, L., Davis, M.K., Krasner, S.W., 1990. Evaluation of THM precursor contributions from agricultural drains. J. Am. Water Works Assoc. 82, 57–64.

limitada quando informações detalhadas relativas às propriedades moleculares são necessárias (ROSÁRIO-ORTIZ, 2007).

Embora a informação detalhada sobre MOD seja desejada, os métodos de qualificação não estão facilmente disponíveis e alguns deles podem resultar em alterações da amostra (ROSÁRIO-ORTIZ, 2007). Ainda, a matéria orgânica pode ser classificada em natural ou sintética. A matéria orgânica natural (MON) apresenta constituição complexa e variada com o ambiente, em síntese estão presentes na MON: proteínas, carboidratos, lignina e lipídios (NEWCOMBE, 1997).

Segundo Buffle *et al.* (1987), MON pode ser constituída por compostos aquagênicos e pedogênicos, ou mais especificamente, a MON pode ser dividida nas categorias: Matéria Orgânica Lábil ou Ativa (MOL) e Matéria Orgânica Refratária (MOR). A primeira é formada pela fração da matéria orgânica que pode ser ativamente utilizada e transformada por organismos vivos. Geralmente são compostos bem definidos bioquimicamente, como polissacarídeos, proteínas, peptídeos e lipídios. A segunda é formada por compostos que sofreram decomposição e estão estáveis. E pode ser subdividida em duas classes:

i) Matéria Orgânica Refratária Pedogênica (MORP): caracteriza-se pela estrutura química com um grupo funcional aromático (anel benzênico), geralmente tem origem no solo; e

ii) Matéria Orgânica Refratária Aquogênica (MORA): caracteriza-se pela estrutura química com uma cadeia alifática. Origina-se da biota aquática (produtividade primária).

Em adicional, a tirosina (MORA) com um anel benzênico, apresenta baixa absorvância e fluorescência. Compostos com maior aromaticidade absorvem luz ultravioleta e emite parte de sua energia como fluorescência, como é o caso na lignina, substância que compõe os tecidos vegetais (PEURAVUORI, 2002).

3.3.1 ESPECTROSCOPIA DA REGIÃO DO ULTRAVIOLETA VISÍVEL

De acordo com APHA (1998), determinados compostos orgânicos presentes em recursos hídricos e/ou efluentes – lignina, taninos, substâncias húmicas e compostos aromáticos, por exemplo –, são capacitados em absorver radiação ultravioleta (UV) proporcionalmente à sua concentração. A Espectroscopia na região do Ultravioleta – Visível (UV-Vis) é um método de mensuração desta absorbância. Em síntese, o método consiste na submissão da amostra em estudo à luz ultravioleta e/ou visível, mais comumente no comprimento de onda de 253,7 nm (~254 nm). Este comprimento de onda (254 nm) é padrão, entretanto, sua escolha é arbitrária, podendo ser adotados outros comprimentos que podem minimizar possíveis interferentes e maximizar a

absorção dos componentes de interesse. A pré filtração da amostra a ser analisada é importante para controle de variações na absorção devido à presença de partículas. Já a correção do pH antes da filtração é opcional, entretanto, faixas de pH abaixo de 4 e acima de 10, devem ser evitadas, visto que a absorção UV pela matéria orgânica pode variar muito nestas faixas de valores.

A presença de partículas coloidais, substâncias inorgânicas como íons ferro, nitrato, nitrito, e brometo, e a oxidação e redução de agentes como ozônio, cloretos, clorito, cloroaminas e tiosulfatos, ou mesmo outros compostos orgânicos além dos de interesse, podem interferir no método através da superestimação da absorção UV-Vis. Este adicional de absorção causado pelas interferências no método deve ser avaliado e corrigido, e não pode ser superior a 10% do total de absorção. Caso seja, recomenda-se a repetição do ensaio em comprimentos de onda alternativos ou então, o uso de outros métodos (APHA, 1998).

O método de radiação Ultravioleta (UV) é útil para a mensuração de constituintes orgânicos em água doce, salobras ou mesmo residuais. Visto que alguns componentes orgânicos comumente encontrados em águas pluviais ou residuais, tais como lignina, taninos, substâncias húmicas e vários componentes aromáticos, são fortemente absorvidos pela radiação. Ainda, fortes correlações podem existir entre absorção UV e conteúdo de carbono orgânico, cor, e precursores dos trihalometanos (THMs). Específica razão de absorção UV com concentração de carbono orgânico tem sido usada para caracterizar matéria orgânica natural (MON) (APHA, 1998).

A detecção de interferentes no método de espectroscopia de ultravioleta pode ser efetuada por meio da absorção UV em 200 nm a 400 nm. Uma vez que a matéria orgânica natural comporta-se de maneira peculiar com inexpressivos incrementos de absorção com o decaimento do comprimento de onda. Caso observado picos agudos e/ou irregulares, estes podem ser indicativo de presença de compostos inorgânicos ou contaminantes (APHA, 1998). Ainda, o método não possui meios de mensuração de mínima concentração detectável. Para precisão da medição, seleciona-se células de tal comprimento que promovam absorção em aproximadamente 0,005 a 0,9. Alternativamente, pode-se diluir amostras bem concentradas. A mínima concentração detectável de um constituinte em particular depende da relação entre absorção de UV e característica desejada, e interferências de outras substâncias. É recomendada também a mensuração em réplicas, com uso de pelo menos duas porções de amostra filtrada. Ou pode optar pela análise em duplicata, de modo que toda a décima amostragem deve ser feita em duplicata.

A manutenção do equipamento espectrofotômetro é importante para a confiabilidade do método, sendo que certos estudos documentam dificuldades de comparação entre respostas de absorção UV de diferentes espectrofotômetros (APHA, 1998).

3.3.2 ESPECTROSCOPIA DE FLUORESCÊNCIA

A fluorescência consiste na capacidade de uma substância (compostos orgânicos, por exemplo) de emitir luz quando exposta a radiações. A energia radiante absorvida pode ser emitida na forma de luz, a qual apresenta comprimento de onda maior que a incidente (SAWYER e MCCARTY, 1994; FRIMMEL, 1998).

A técnica de fluorescência permite analisar a estrutura molecular de substâncias. E o comportamento fluorescente de uma molécula é resultante da diversidade estrutural molecular, do espectro observado em qualquer um dos três modos de fluorescência: emissão, excitação e excitação sincronizada (MILORI; MARTIN NETO e BAYER, 2002), e de vários fatores ambientais, pH, tipo de solução, força iônica, temperatura, potencial redox do meio e interações com íons metálicos e substâncias orgânicas (SENESI, 1990).

Segundo Lombardi (1995), a aplicação desta técnica em compostos húmicos torne-se limitada devido à complexidade dos mesmos. Contudo, é possível diferenciar e classificar substâncias húmicas, quanto sua origem, gênese e natureza, a partir de sua capacidade de fluorescência. A autora ainda afirma que a ausência ou presença de fluorescência em uma molécula é dependente de sua estrutura e também do ambiente no qual o espectro é medido.

Estudos de caracterização da MOD afluenta e efluente no lago Mead (Estados Unidos) foram realizados para compreender as distintas fontes e transformações relacionadas à MOD dentro do lago. Adicionalmente, avaliou-se a variação temporal das características da MOD respectivas de cada afluenta ao lago. Assim, amostras de quatro tributários do Lago Mead e da Represa Hoover foram coletadas e analisadas em termos de tamanho, polaridade e fluorescência (3D), com ênfase na análise em condições de ambiente, ou seja, sem pré-tratamento da amostra (filtração por um filtro de 0,45 mm) que pode alterar seu comportamento natural. Este estudo permitiu a identificação a partir da avaliação de amostras do Lago Mead (EUA) certas características de acordo com a região do espectro de excitação e emissão, ver Tabela 3.1 (ROSÁRIO-ORTIZ, 2007)

Tabela 3.1 – Indicativo de presença de compostos segundo o a região do espectro.

Região	Excitação	Emissão	Descrição
Região I	220-250	280-332	Proteínas Aromáticas I
Região II	220-250	332-380	Proteínas Aromáticas II
Região III	220-250	380-580	Ácidos Fúlvicos
Região IV	250-470	280-380	Subprodutos Microbiológicos
Região V	250-470	380-580	Ácidos Húmicos

3.4 VISÃO CRÍTICA SOBRE OS PROCEDIMENTOS ANALÍTICOS

Os métodos de quantificação do teor de material biodegradável em ambientes aquáticos ou efluentes apresentam respectivo grau de complexidade e variação de análise laboratorial. Para efeito de ilustração, o Quadro 3.1 apresenta diferentes metodologias de avaliação de matéria orgânica e procedimentos de análise.

Quadro 3.1 – Metodologias e técnicas de avaliação de matéria orgânica.

PARÂMETRO	METODOLOGIA	REFERÊNCIA
DBO	Iodométrico ou <i>Winkler</i>	<i>Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater</i> (APHA, 1998)
	Método Eletrolítico	
	Respirométrico ou Manométrico	Leitura direta em aparelho marca WTW, modelo OxiTop IS6/IS12/IS12-6
DQO	Refluxo Fechado	<i>Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater</i> (APHA, 1998)
	Refluxo Aberto	
COT	Combustão a alta temperatura	<i>Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater</i> (APHA, 1998)
	Oxidação por aquecimento e uso de persulfato ou por irradiação ultravioleta e uso de persufato	
	Oxidação úmida	

Estudo desenvolvido por El-Rehaili (1995), avaliou o grau de influência da atividade de cloração em métodos de quantificação de matéria orgânica. A adição de cloro com vistas à desinfecção em termos de organismos patogênicos é realizada tanto em Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) quanto por Estações de Tratamento de Água (ETAs). Para o estudo, o autor aplicou diferentes dosagens de cloro em efluente de ETE, e avaliou o respectivo grau de interferência nos

métodos de COT, DBO e DQO prescritos pelo *Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater* -APHA. Na comparação entre o efluente não clorado e o clorado com dosagem 30 mg.L⁻¹ de cloro, El-Rehaili constatou que os valores de DBO e DQO dobraram com a dosagem. Visto que a partir da dosagem de 10 mg.L⁻¹ já foi possível constatar aumento dos valores de DBO e DQO. Para o autor, é possível que a cloração aumente o potencial de biodegradabilidade do efluente. Entretanto, a adição de cloro em nada alterou os resultados de COT.

Jingsheng (2006) realizou estudos de avaliação da qualidade da água do Rio Amarelo situado na China. No caso, o autor examinou a fração sedimentos em suspensão correspondente a sedimentos orgânicos naturais, como húmus. Avaliou o impacto transmitido a gestão de recursos hídricos decorrente de possíveis interferentes aos métodos de avaliação biológica e química (DBO, DQO) quando constatada a presença de grandes concentrações de sólidos orgânicos em suspensão. Para o autor, a presença de sólidos orgânicos em suspensão pode mascarar a real situação qualitativa do corpo hídrico, superestimando-a. Isto de certa forma é confirmado por valores superestimados de DQO mensurados para Rio Amarelo, de até 1.294 mg O₂.L⁻¹, em comparação aos valores de 30 - 60 mg O₂.L⁻¹, já encontrados para os rios urbanos, Suzhou Creek e Huangpo em Shanghai, sob situação de grave poluição.

Outro fenômeno intrigante proveniente de estudos realizados no Rio Amarelo foi a ausência de correlações entre parâmetros de qualidade homólogos, DBO, DQO e OD. No caso, não foi constatada correlação positiva entre DBO e DQO, e também não foi constatada correlação negativa entre DQO e OD (JINGSHENG, 2006).

3.4.1 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)

O *Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater* (1998), prove certas exigências (quanto às atividades de coleta, armazenamento e análise de amostras) para a execução do método de demanda bioquímica de oxigênio, por vezes negligenciadas pelo usuário. Exigência como condicionamento da amostra sob refrigeração de 4°C, no caso da análise ocorrer dentro de 24 horas. Contudo, no momento de avaliação do método, o material a ser analisado deve estar próximo da temperatura ambiente, ou 20±3°C, com valor de pH entre a faixa de 6,8 a 7,2. Ainda, caso haja necessidade de realizar diluições da amostra, a água de diluição não deve ser preparada com um prazo maior que 24 horas. E a prova em branco não pode apresentar consumo de oxigênio maior que 0,2 mg.L⁻¹ (APHA, 1998).

O método ainda apresenta alguns interferentes quando há presença de cloro ou toxinas (metal pesado), condições de supersaturação e demanda nitrogenada. Além de algumas exigências

em que após a realização do ensaio, deve haver no mínimo 1 mg.L⁻¹ de oxigênio e consumo mínimo de 2 mg.L⁻¹ (APHA, 1998).

Para Kamiyama (1988), o nível de compreensão do ensaio de DBO não é compatível com a popularidade e uso indiscriminado do termo. Em seu relato o autor salienta a importância das condições de controle na execução do ensaio para evitar interferências no mesmo. Dentre as interferências, destaque para a demanda nitrogenada, na qual há consumo de OD e consequente aumento do valor de DBO, realizada por bactérias autotróficas ao efetuarem a oxidação de compostos não orgânicos, neste caso a amônia. Admite-se que a demanda nitrogenada exerce baixa influência nos valores de DBO, pelo fato de os organismos responsáveis pela nitrificação apresentarem desenvolvimento lento e estarem em número reduzido. Contudo, em termos estequiométricos, a oxidação de 1 mg de nitrogênio amoniacal a nitrato, demanda 4,57 mg de oxigênio.

Estudos têm sido desenvolvidos para avaliar o grau de influência de presença de sólidos suspensos na análise de DBO. Neste contexto, com o objetivo de compreender o efeito de fixação dos sedimentos durante teste DBO, ³Guo (1990) *apud* Jingsheng (2006) conduziu experimentos com amostras submetidas a diferentes concentrações de sedimentos, e divididas em dois grupos, (a) com agitação constante durante o período de análise e (b) sem agitação durante o período de análise. A partir de seus resultados, o pesquisador constatou que em ambos os grupos houve aumento do valor de DBO com o aumento da concentração de sedimentos. Contudo, também observou valores de DBO correspondentes ao grupo (a) com agitação, superiores em torno de 21,6 % a 38,3 % aos valores do grupo (b) sem agitação. O que pode ter ocorrido devido a agitação promover suspensão total do sedimento e consequente aumento da área de interface entre o sedimento e a água, permitindo assim, aumento da taxa de decomposição microbiana dos compostos orgânicos. Visto que, as condições impostas ao grupo (b) sem agitação, incentivaram a deposição de sedimentos ao fundo do frasco de análise, de modo a formar uma camada ou barreira que inibiu a atividade microbiológica aeróbia nas camadas subjacentes e consequentemente, inibiu o consumo de oxigênio (JINGSHENG, 2006).

3.4.2 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO)

O ensaio de DQO pelo método de refluxo aberto, demanda por grande volume de amostra e possui consequente geração de grande volume de subprodutos nocivos ao meio ambiente. Em contrapartida, o ensaio de DQO pelo método de refluxo fechado, demanda por quantidade reduzida

³ Guo, H. C.: 1990, 'Effect of the sediment in the Middle Yellow River on the water quality', in: *Collection of Research Papers on the Protection of the Yellow River Source*, Beijing, 1990, pp. 70–76 (in Chinese).

de amostra e assim, menor geração de resíduos danosos. Certas substâncias podem intervir no método de DQO quando presentes, é o caso do íon cloreto que reage com íon prata ao precipitar cloreto de prata, e assim inibi o efeito ou atividade catalítica da prata para o ensaio. Atividades semelhantes podem ocorrer o brometo e o iodeto. Quanto aos procedimentos de armazenagem prescritos pelo Standard Methods (1998), salvo os casos em que a análise se procede momentos após a coleta, sugere-se a estocagem da amostra sob acidificação com ácido sulfúrico concentrado, em que o pH seja menor ou igual a 2.

Ainda, o Rio Amarelo (China), apresenta sedimento em suspensão composto por 0,43-0,92% REVER de matéria orgânica natural. Neste caso, a elevada quantidade de matéria orgânica total presente no Rio Amarelo é devido a alta concentração de sedimentos suspensos característica do recurso hídrico, especialmente em épocas de inundação. Ainda, a partir de experimentos de DQO com amostras filtradas e não filtradas do rio, o autor encontrou valores de DQO correlacionados positivamente com concentrações de sólidos suspensos (JINGSHENG, 2006).

A forte influência de sólidos suspensos no ensaio de DQO também foi verificada *Chinese Soil Association* (Comissão Especial para a Análise Química do Solo Agrícola, 1974), a qual afirma que mais de 95 % da matéria orgânica natural relacionada aos sólidos suspensos pode ser oxidada em análise de mensuração de DQO. Outro estudo realizado por Jingsheng (2004) no Rio Amarelo, China, concluiu experimentalmente que mais de 90% da matéria orgânica presente em sólidos em suspensão constitui-se por substâncias húmicas, dos quais mais de 70% é denominada por "humina". A humina não possui a capacidade de dissolução em condições naturais, portanto, são estáveis no ambiente normal.

3.5 SÍNTESE DO CAPÍTULO

A poluição de sistemas aquáticos ocorre por qualquer alteração de suas características química, física e/ou biológica. A nocividade da poluição depende das características do poluente e do corpo receptor. A degradação de efluente com alta concentração de matéria orgânica pode ser desencadeada por microrganismos aeróbios, geralmente bactérias, através de reações bioquímicas. Ou por microrganismos anaeróbios que exercem suas atividades de degradação na ausência de oxigênio dissolvido.

Corpos d'água poluídos por material orgânico capaz de reduzir significativamente a concentração de OD desencadeiam atividades de recuperação, denominado autodepuração. A

autodepuração de um corpo hídrico se desenvolve ao longo do tempo por meio de processos físicos: diluição e sedimentação; químicos: oxidação; e biológicos: decomposição.

Para a quantificação da matéria orgânica biodegradável adotam-se métodos como (i) DBO, estabilização bioquímica no período de 5 dias; (ii) DBO_u, estabilização bioquímica no período de 20 dias; (iii) DQO, estabilização química por forte oxidante; e (iv) COT, mensuração de todo o carbono presente. Entretanto, tais métodos de quantificação do teor de material biodegradável em ambientes aquáticos ou efluentes apresentam além de respectivo grau de complexidade, também a variação procedimental na análise de laboratório.

Ainda, a matéria orgânica pode ser caracterizada quanto sua procedência em autóctone (matéria orgânica produzida no próprio sistema aquático) ou alóctone (proveniente fora do ecossistema aquático), por meio de técnicas de Espectroscopia na região do Ultravioleta-Visível e de Espectroscopia de Fluorescência.

Na história da gestão de recursos hídricos, sob abordagens distintas, vários trabalhos propuseram-se a decifrar a dinâmica da matéria orgânica em meios aquáticos, sendo que o somatório dos respectivos resultados corroboram para a compreensão da matéria orgânica de forma mais consistente. Neste contexto, há uma pendência quanto a pesquisas com enfoque metodológico que atestem a variação dos parâmetros de qualidade d'água usuais na coluna d'água, assim como a variação em métodos consagrados de quantificação de teor orgânico, ou seja, é raro encontrar na literatura estudos de mensuração de impactos na gestão de recursos hídricos decorrentes de técnicas amostrais e/ou métodos quantitativos que podem, se significativos, por em cheque todo o histórico de dados e informações quali-quantitativas. Assim sendo, pesquisas com enfoque metodológico em termos de técnicas de monitoramento e procedimentos de análise de água fazem-se necessários para um entendimento veraz acerca dos aspectos quali-quantitativos de um corpo hídrico, de forma a evitar distorção de interpretação dos resultados.

Capítulo 4

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS – ESTUDO DE CASO NA BACIA DO ALTO IGUAÇU

Neste Capítulo, o objeto em estudo, trecho do rio Iguaçu inserido na bacia do Alto Iguaçu, será apresentado de forma detalhada em termos de características físico-químicas, afluentes principais, e demais peculiaridades da bacia. Salienta-se também, a pesquisa extensiva desenvolvida na região por meio de monitoramento da qualidade da água no período de 2005 a 2007 desenvolvido pelo projeto Bacias Críticas (PORTO *et al.*, 2007), e na sequência mantido por trabalhos de Knapik (2009) e França (2009), e projeto Integra (2010-2011). Ainda, o Capítulo expõe os procedimentos de coleta, parâmetros propostos ao monitoramento e análises metodológicas de laboratório adotadas.

4.1 A BACIA DO ALTO IGUAÇU

A Bacia do Alto Iguaçu, com aproximadamente 3.000 km² de área, engloba total ou parcialmente os municípios de Curitiba, Colombo, Campina Grande do Sul, Quatro Barras, Piraquara, Pinhais, São José dos Pinhais, Fazenda Rio Grande, Mandirituba, Araucária, Contenda, Balsa Nova, Campo Largo, Campo Magro e Almirante Tamandaré. O trecho do rio Iguaçu pertencente à Bacia do Alto Iguaçu possui 86 km de extensão, desde a sua nascente na junção dos Rios Iraí e Palmital, até a foz do rio Verde, incluindo 26 afluentes principais do Rio Iguaçu. A Figura 4.1 apresenta de forma detalhada os principais afluentes do Rio Iguaçu.

proveniente dos rios Bacacheri, Belém, Padilha e Barigui que situam-se muito próximos ao centro urbano e industrial de Curitiba.

4.2 MONITORIAMENTO DO ALTO IGUAÇU

No período de 2005 a 2007, o projeto desenvolvido em parceria entre a UFPR e a USP denominado por “*Bacias Críticas: Bases Técnicas para a definição de Metas Progressivas para seu Enquadramento e a Integração com os demais Instrumentos de Gestão*”, (PORTO *et al.*, 2007), realizou o monitoramento de parâmetros de qualidade da água de 7 estações ao longo de aproximadamente 107 km entre os rios Iraí e Iguaçu, o que sumariza uma área de drenagem de 3.000 km². A Figura 4.2 apresenta a localização das estações na bacia em estudo.

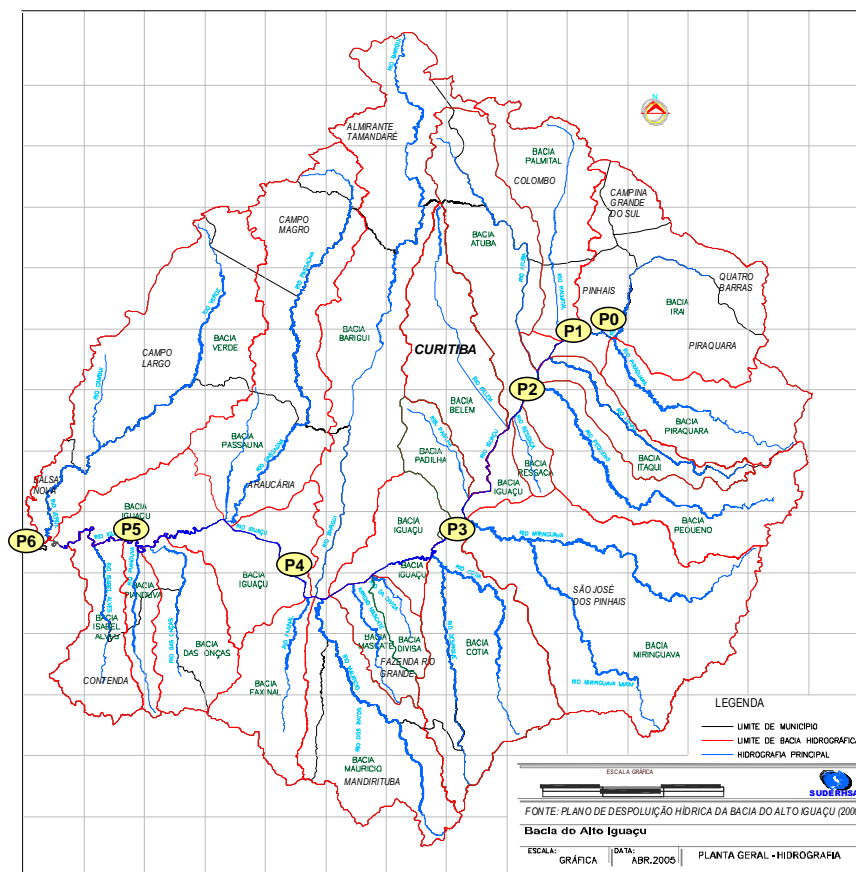


Figura 4.2 – Localização das 7 estações monitoradas nos rios Iraí e Iguaçu.

Fonte: Adaptado de Porto *et al.* (2007)

Foram realizadas 20 campanhas no período de junho de 2005 a julho de 2006, com análise das concentrações de oxigênio dissolvido, DBO, DQO, fósforo total, nitrogênio orgânico, amônia, nitrito, nitrato, carbono orgânico total e as frações de sólidos (suspensos, dissolvidos, fixos e voláteis). Além do monitoramento de parâmetros, como condutividade, turbidez, pH, temperatura, profundidade Secchi e vazão.

Adicionalmente, no período de março a agosto de 2008 foram realizadas 5 coletas nas 7 estações anteriormente citadas, com o intuito de complementar os dados de monitoramento, bem como o de aprimorar o entendimento da matéria orgânica e as inter-relações entre as variáveis de qualidade de (KNAPIK 2009; FRANÇA, 2009).

De forma complementar, no período de julho de 2009 a dezembro de 2010 foram realizadas 10 coletas nas 7 estações mencionadas decorrentes do Projeto Integra. Em resumo, o banco de dados adquirido com a junção dos resultados determinados pelo Projeto Bacias Críticas, trabalhos de Knapik (2009) e França (2009), e Projeto Integra, sumarizam 35 coletas em 7 pontos de monitoramento.

4.3 DETALHAMENTO NA SEÇÃO TRANSVERSAL, P5

Com o objetivo de compreender a dinâmica da matéria orgânica, nutrientes e sólidos na coluna d'água de corpos hídricos, este trabalho desenvolveu estudos ao longo da seção transversal do rio Iguaçu, situado na região metropolitana de Curitiba (PR). A Tabela 4.1 a seguir contém informações sobre seção transversal em estudo, denominada aqui por S1.

Tabela 4.1 – Informações sobre as seções S1.

Seção	Identificação	Código Pluviômetro	Município	Área de Drenagem (km ²)	Latitude	Longitude	Altitude (m)
S1	Ponte do Guajuvira	65025000	Araucária	2.577,76	25°36'01"	49°30'48"	858

Foi estipulado para a S1, da direita para a esquerda, cinco pontos amostrais P1, P2, P3, P4, e P5, com base na normativa NBR 9.897 (ABNT, 1987a). Logicamente, P1 e P5, de margem direita e esquerda respectivamente. E P2 (25°36'0.98" Sul, 49°30'48,31" Oeste), P3 (25°36'01.36" Sul, 49°30'48.5" Oeste), e P4 (25°36'01.65" Sul, 49°30'48,69" Oeste) espaçados uniformemente entre si, e a profundidades médias respectivas. A Figura 4.3 ilustra esquematicamente a situação de S1 quanto à localização dos pontos amostrais. E a Figura 4.4 apresenta imagem da seção de estudo.

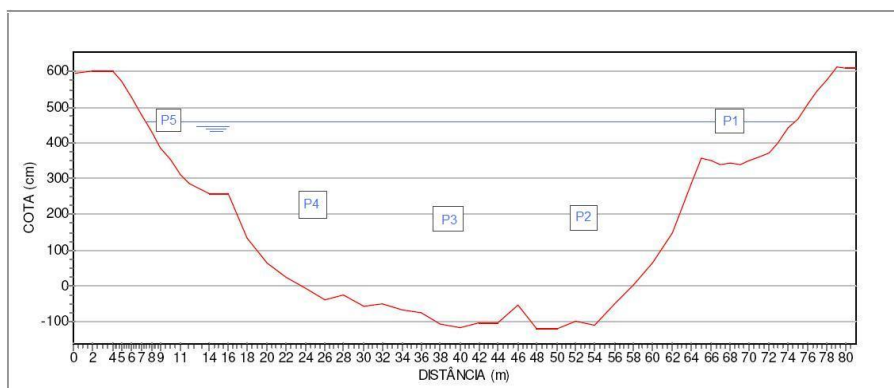


Figura 4.3 – Esquema ilustrativo da localização dos pontos amostrados na seção, S1.



Figura 4.4 – Imagem da seção de estudo.

Em campo, a vazão foi mensurada pela leitura da régua linimétrica (ver Apêndice I curva chave da estação Guajuvira) e foram determinados para cada ponto amostral as variáveis de pH, oxigênio dissolvido (OD), condutividade, turbidez e disco Secchi. No decorrer de cada campanha, também foram coletadas amostras dos respectivos pontos, para posterior análise laboratorial.

Em laboratório, para cada ponto amostral, foram realizados ensaios de acordo com o *Standard Methods* (1998) de carbono orgânico total (COT), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) titulométrica, e manométrica, demanda química de oxigênio (DQO) titulométrico refluxo aberto e colorimétrico de refluxo fechado, espectroscopia na região do ultravioleta visível (UV),

espectroscopia de fluorescência, além das séries de nitrogênio, fósforo e de sólidos cujo detalhamento encontra-se no item 4.4, a seguir.

A partir da fonte de dados obtida com a finalização de seis campanhas de monitoramento, aplicaram-se atividades de avaliação dos dados obtidos. Para tanto, foram adotadas algumas ferramentas estatísticas, de correlação linear de Pearson (r), análise de variância, ANOVA, e Teste de Tukey, conforme apresentando no Apêndice I (SPIEGEL, 1978).

4.4 PROCEDIMENTOS DE COLETA

As atividades de coleta de amostras foram realizadas de acordo com o disposto pelas normas NBR 9.879 (ABNT, 1987a), NBR 9.898 (ABNT, 1987b) e segundo o Manual Técnico para coleta de amostras de água (2009), os quais prescrevem procedimentos usuais para limpeza de frascos de coleta, planejamento e amostragem em campo, além de outros cuidados necessários para evitar contaminação de amostra ou outras situações indesejadas. Neste caso, a coleta de amostra na profundidade desejada ocorreu com auxílio de uma garrafa de Van Dorn e um guincho eletrônico. Adicionalmente, para a realização das análises químicas foram seguidas as orientações respectivas prescritas pelo Standard Methods (1998). Em síntese, a Tabela 4.2 apresenta resume procedimentos de preservação e prazo de análise, adotados por esta pesquisa segundo orientações das normativas citadas anteriormente.

Tabela 4.2 – Procedimentos adotados quanto ao tipo de frasco, preservação e prazo de análise.

Parâmetro	Tipo de Frasco	Preservação	Prazo de Análise	Observações
COT	P	H ₂ SO ₄ ou HCl, pH < 2. Refrigerar a 4°C	7 dias	Realizada em até 7 dias
Cond	-	Refrigerar a 4°C	28 dias	Realizada Imediatamente
DBO	P	Refrigerar a 4°C	7 dias	Realizada em até 24h
DQO	P	H ₂ SO ₄ , pH < 2. Refrigerar a 4°C	7 dias	Realizada em até 24h
P_Reat	P	Refrigerar a 4°C	24h	Realizada em até 24h
PT	P	H ₂ SO ₄ , pH < 2. Refrigerar a 4°C	28 dias	
Nitrato	P	H ₂ SO ₄ , pH até 2. Refrigerar a 4°C	48h	Realizada em até 48h
Nitrito	P	Refrigerar a 4°C	74h	Realizado em até 48 horas
N_Am	P	H ₂ SO ₄ , pH < 2. Refrigerar a 4°C	24h	Realizada em até 24h
OD	V	1 mL sol. MgSO ₄ e 1 mL sol. AIA	8h	Realizada Imediatamente

Parâmetro	Tipo de Frasco	Preservação	Tempo de Análise	Observações
pH	-	Refrigerar a 4°C	6h	Realizada Imediatamente
R S	P	Refrigerar a 4°C	7 dias	Realizada em até 7 dias
Turb	-	Refrigerar, manter ao abrigo da luz	24h	Realizada Imediatamente

P: polietileno; V: vidro; COT: carbono orgânico total, Cond: condutividade; DBO: demanda bioquímica de oxigênio; DQO: demanda química de oxigênio; P_Reat: fósforo reativo; PT: fósforo total; N_Am: nitrogênio amoniacal; OD: oxigênio dissolvido; RS: resíduos sólidos; Turb: turbidez; AIA: Alicalí Iodeto de Azida.

4.4.1 ANÁLISES *IN SITU*

A mensuração a campo dos parâmetros de pH, OD, condutividade, turbidez e temperatura, referentes a cada campanha, foi realizada por meio de equipamentos de campo pertencentes ao Laboratório de Engenharia Ambiental Francisco Borsari Neto da Universidade Federal do Paraná, os quais estão listados no Quadro 4.1.

Quadro 4.1 – Parâmetros monitorados *in situ*.

PARÂMETRO	SENSOR	MARCA	FAIXA DE DETECÇÃO
OD	Handylab OX 12/SET	SCHOTT	Escala: 0 a 19,99 mg/L, com resolução de 0,01. Precisão: $\pm 0,5\%$ do valor medido (5° a 30°)
pH	pH 330i/SET	WTW	Escala: -2.000...+ 19,999, com resolução de 0.001. Precisão: ± 0.003 (15 – 35°C)
Condutividade	Handylab LF1	SCHOTT	Condutímetro: -5.0...99.9, com resolução de 0.1 K. Precisão: ± 0.1 K
Temperatura da água	Obtido pelo Oxímetro		Escala: -5,0...105°C, com resolução de 0.1. Precisão: ± 0.1
Turbidez	WQ770 Turbidimeter	Global Water	Escala: 0 – 50 UNT ou 0 – 1000 UNT Precisão: $\pm 2\%$

Ainda *in situ*, para determinar o nível de visibilidade na coluna d'água do rio em função da profundidade, e coletar as amostras de água necessárias aos ensaios, foram utilizados respectivamente, disco de Secchi e uma garrafa de Van Dorn, ambos também provenientes do Laboratório de Engenharia Ambiental Francisco Borsari Neto da UFPR.

4.4.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

O Quadro 4.2, apresenta um resumo dos parâmetros monitorados por esta pesquisa, seguido de respectiva metodologia adotada e equipamento utilizado.

Quadro 4.2 – Parâmetros físico-químicos monitorados em laboratório.

Parâmetro	Método	Referência	Faixa de Detecção
UV_vis	Espectrofotômetro de luz visível	UV 1601PC SHIMADZU CORPORATION	
COT	<i>Combustão a alta temperatura, método de detecção infravermelho não dispersivo (NDIR)</i>	TOC-V _{CPH} SHIMADZU CORPORATION, 2003	TC<25000, IC<30000 (mg/L) Limite: TC:4, IC:4 (µg/L)
DBO	<i>Titulométrico ou Winkler</i>	4500 – O C e 5210 B Standard Methods (APHA, 1998)	>2,0 mg/L
DBO	Método manométrico ou respirométrico	Leitura direta em aparelho marca WTW, modelo OxiTop IS6/IS12/IS12-6	0 – 2000 mg/L
DQO	Refluxo Fechado	5220 D Standard Methods (APHA, 1998)	0 – 900 mg/L
DQO	Refluxo Aberto	5210 B Standard Methods (APHA, 1998)	
Flu	Espectros de emissão (excitação em 314 e 370 nm); varredura sincronizada ($\Delta\lambda=18$ nm). Adoção de 240 nm min-1, fenda de 5 nm, cubeta de quartzo de 1 cm e água destilada e deionizada como branco	Analizador Hitachi, modelo Fluorescence Spectrophotometer F-4500	
P_Reat	Colorimétrico	MURPHY (1962), adaptado de 4500 – P, Standard Methods	0,01 – 1,3 mg/L
PT	Colorimétrico, digestão com persulfato de potássio e ácido sulfúrico	MURPHY (1962), adaptado de 4500 – P, Standard Methods	0,01 – 6 mg/L
NT	Persulfato	4500 – N C Standard Methods (APHA, 1998)	>2,9 mg/L
Nitrato	Redução com cádmio	4500 – NO ₃ - E Standard Methods (APHA, 1998)	0,01 – 1,0 mg/L
Nitrito	Colorimétrico	4500 – NO ₂ - B Standard Methods (APHA, 1998)	0,005 – 1,0 mg/L
N_Am	Colorimétrico	WEATHERBURN (1962), adaptado de 4500 – NH ₃ F Standard Methods	>5mg/L
OD	Titulométrico ou <i>Winkler</i>	4500 – O C e 5210 B Standard Methods (APHA, 1998)	2 – 9 mg/L

Parâmetro	Método	Referência	Faixa de Detecção
SS	Cone de Imhoff	2540 F Standard Methods (APHA, 1998)	0,1 – 1,0 mL/L
SDT	Método Gravimétrico	2540 B Standard Methods (APHA, 1998)	< 200 mg de resíduo
SST	Método Gravimétrico	2540 E Standard Methods (APHA, 1998)	< 200 mg de resíduo

UV_vis: espectroscopia de ultravioleta e visível; COT: carbono orgânico total; DBO: demanda bioquímica de oxigênio; DQO: demanda química de oxigênio; Flu: Espectroscopia de Fluorescência; P_Reat: fósforo reativo; PT: fósforo total; N_Am: nitrogênio amoniacal; OD: oxigênio dissolvido; SS: sólidos sedimentáveis; SDT: sólidos dissolvidos totais; SST: sólidos sedimentáveis totais; STFV: sólidos totais fixos e voláteis. Adaptado de Bem (2009); França (2009); Knapik (2009).

Em geral, a grande maioria dos ensaios laboratoriais foram realizados em triplicata em especial os de DQO colorimétrica, série de nitrogênio e fósforo, COT; ensaios em duplicata foram concentrados nas coletas C5 e C6, devido a problemas técnicos em equipamento de digestão; e os ensaios de DBO manométrica, DQO titulométrica, sólidos sedimentáveis e série de sólidos foram realizados em monocrata. Quanto a análise de DBO titulométrica, esta foi desenvolvida segundo 4 diluições distintas, como sugerido pelo *Standard Methods* (APHA, 1998).

Para avaliação dos parâmetros de qualidade da água estudados, foram adotadas ferramentas estatísticas como correlação linear de Pearson (r), Análise de Variância (ANOVA) e teste de Tukey (SPIEGEL, 1978). A correlação linear de Pearson (r) avalia o comportamento existente entre duas variáveis e dispõe um parecer quanto ao seu grau de afinidade por meio de uma escala compreendida entre -1 e +1. Neste trabalho foram consideradas correlações significativas; $0,6 \leq |r| \leq 1,0$. O teste ANOVA foi realizado para verificar três situações: (i) variação entre os cinco pontos monitorados, (ii) variação metodológica entre os parâmetros mensurados por mais de um método, DBO, DQO e OD, e (iii) variação existente entre as seis coletas. Quanto ao teste de Tukey, este foi realizado para confirmação das informações obtidas pela Análise de Variância que apresentaram-se graficamente complexas. Outras informações quanto as análises estatísticas adotadas encontram-se no Apêndice I.

Adicionalmente, para avaliação das informações contidas nos ensaios de espectroscopia na região do ultravioleta-visível, espectroscopia de fluorescência, e ensaios no sedimento de carbono orgânico, nitrogênio total e fósforo total, foram citados estudos na área de interesse realizados por outros autores.

Quanto as análises de sedimento, a mensuração do carbono orgânico total foi realizada com a utilização de um amostrador de sólidos acoplado a um analisador do tipo TOC. A amostra é previamente tratada para remoção do carbono inorgânico e em seguida é pesada em recipiente de quartzo e introduzida em forno (1000°C) para sua total combustão. o carbono liberado na forma de CO₂ é quantificado através de um detector de infravermelho não dispersivo (NDIR). Já as análises de fósforo total foram realizadas segundo o método da ignição dissolução com ácido clorídrico (ANDERSEN, 1976). E as análises de nitrogênio total foram realizadas por meio do método da digestão por persulfato de potássio (SMART, 1983).

Em suma, os cinco pontos amostrais foram monitorados (em seis coletas) quanto a 30 parâmetros de qualidade da água, o que nos remete a 900 valores submetidos a avaliação estatística em termos de coluna d'água. Quanto a análise do leito do rio, acrescenta-se outros 21 valores decorrentes do monitoramento realizado no sedimento com pontos de amostragem variáveis entre margem direita e/ou esquerda do rio.

4.5 SÍNTESE DO CAPÍTULO

Na Bacia do Alto Iguaçu (com área de 3.000 km²) situa-se um trecho do rio Iguaçu com 86 km de extensão desde a sua nascente na junção dos Rios Iraí e Palmital, até a foz do rio Verde, o que envolve 26 afluentes principais do Rio Iguaçu. Pode-se dizer que Curitiba e região metropolitana concentram na região da Bacia do Alto Iguaçu, aproximadamente 2,5 milhões de habitantes entre ocupações irregulares e não. E presencia poucos investimentos em saneamento básico e ambiental. Fatos que corroboram para o aumento da poluição no Rio Iguaçu.

Com o objetivo de compreender a dinâmica da matéria orgânica, nutrientes e sólidos na coluna d'água de corpos hídricos, este trabalho desenvolveu estudos ao longo da seção transversal do rio Iguaçu, situado na região de Curitiba (PR). Para tanto, a seção transversal do rio foi monitorada, S1 (Ponte do Guajuvira, em Araucária).

Os parâmetros monitorados in situ, foram OD por sensor, turbidez, condutividade, pH, disco de secchi e temperatura da água. Quanto aos parâmetros monitorados em laboratório, pode-se citar os ensaios de carbono orgânico total (COT), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) titulométrica, e manométrica, demanda química de oxigênio (DQO) titulométrico refluxo aberto e colorimétrico de refluxo fechado, espectroscopia na região do ultravioleta visível (UV), espectroscopia de fluorescência, além das séries de nitrogênio, fósforo e de sólidos.

Adicionalmente, as atividades de coleta de amostras foram realizadas de acordo com o disposto pelas normas NBR 9.879 (ABNT, 1987a), NBR 9.898 (ABNT, 1987b) e segundo o Manual Técnico para coleta de amostras de água (2009), os quais prescrevem procedimentos usuais para limpeza de frascos de coleta, planejamento e amostragem em campo, além de outros cuidados necessários para evitar contaminação de amostra ou outras situações indesejadas.

Capítulo 5

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os dados de qualidade da água provenientes de seis campanhas de monitoramento no rio Iguaçu foram agrupados na forma de gráficos e tabelas, para assim, facilitar a comparação tanto entre os pontos monitorados ao longo da seção transversal do rio, P1, P2, P2, P4 e P5, quanto entre coletas realizadas, C1 (12/11/2009), C2 (03/03/2010), C3 (07/04/2010), C4 (26/05/2010), C5 (24/08/2010) e C6 (28/09/2010).

5.1 CONDUTIVIDADE

A condutividade correlacionou-se positivamente com os parâmetros de SDT ($r=0,7290$, $p<0,001$), fósforo total ($r=0,6158$, $p<0,001$), fósforo reativo ($r=0,6763$, $p<0,001$), nitrogênio amoniacal ($r=0,8437$, $p<0,001$), e absorbância 285 nm normatizado pelo COD (ou A285/COD) ($r=0,6750$, $p<0,001$). A elevação dos valores de condutividade simultânea a elevação dos parâmetros mencionados indicam à poluição do corpo hídrico por despejos domésticos, uma vez que as frações de nitrogênio e fósforo são características de tal despejo e que segundo Rostan e Cellot (1995) a absorção A285/COD pode caracterizar ácidos fúlvicos e carbono alifático, mas também matéria orgânica lábil.

A aplicação da análise de variância (ANOVA) permite afirmar que os valores de condutividade não apresentaram diferenças significativas entre os pontos amostrados ao longo da seção transversal (ver Apêndice III). Quanto a análise de dispersão, a Figura 5.1 contém a variação dos dados de condutividade ao longo da seção transversal, em que P1, P2, P3, P4 e P5 são os pontos monitorados.

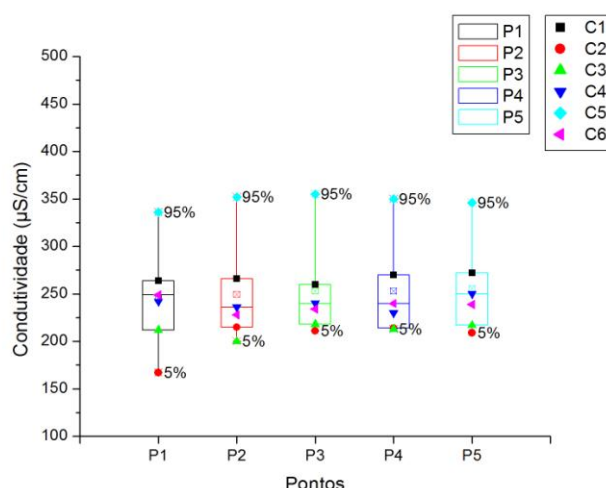


Figura 5.1 – Condutividade: dispersão observada entre os pontos de monitoramento.

Pela análise da Figura 5.1, constata-se que o maior valor mensurado, 355 $\mu\text{S}/\text{cm}$, foi determinado no ponto 3 (coleta 5), e o menor, 167 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no ponto 1 (coleta 2). Ainda, observa-se para os pontos P2, P3, P4 e P5 a concentração de 50% dos valores observados concentram-se próximos aos respectivos valores mínimos. Contudo, no apanhado geral dos resultados, nota-se a estabilidade dos valores ao longo da seção mensurados pela mesma coleta.

5.2 TURBIDEZ

A turbidez apresentou correlação positiva com SST ($r=0,6353$, $p<0,001$), e negativa com fósforo reativo ($r= -0,6012$, $p<0,001$), e absorvância em 285 nm normalizado pelo COD (A285/COD) ($r= -0,7132$, $p<0,001$). A correlação positiva entre turbidez e SST é lógica dado que ambos caracterizam-se por mensurarem o conteúdo de sólidos. Já a correlação negativa com A285/COD pode ser um indicativo de presença de matéria orgânica lábil, ou mesmo presença de esgotos dado que trata-se de uma bacia fortemente urbanizada como objeto de estudo.

De modo geral, a variação de turbidez entre os pontos de monitoramento no decorrer das coletas não foi significativa, como pode ser comprovado pelo teste ANOVA disposto no Apêndice III. Contudo, a adoção de ferramentas legislativas por parte do gestor pode fomentar alguns conflitos na definição do padrão de qualidade do rio estudado. Segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005, os valores mensurados para os cinco pontos amostrais durante as coletas 1, 2, 4, e 5, e os mensurados para os pontos 1 e 5 durante a terceira coleta sugerem por este parâmetro um rio classe 1 conforme Seção II, Artigo 14 da resolução citada. Entretanto, os valores adquiridos para os cinco pontos amostrais durante a sexta coleta, juntamente aos mensurados nos pontos 3, 4, e 5 durante

terceira coleta, foram superiores a 40 UNT, limite máximo admissível de turbidez para a classe 1, sendo então indicativo de classe 2, em que a turbidez pode assumir valor de até 100 UNT. A Figura 5.2 apresenta a dispersão dos resultados obtidos.

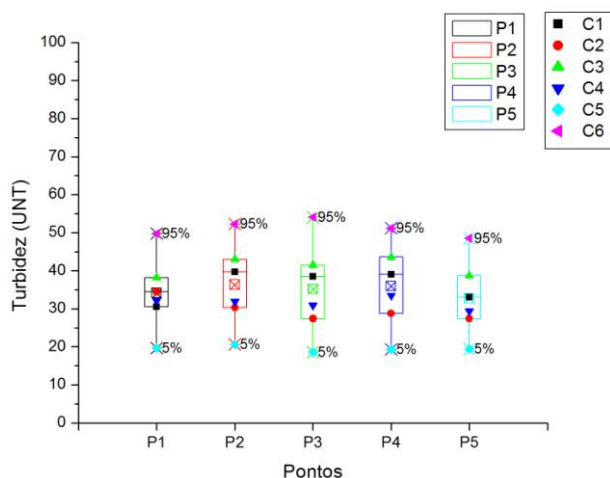


Figura 5.2 – Turbidez: dispersão observada entre os pontos de monitoramento.

Na comparação entre os pontos, visualmente, pode ser constatado pela análise da Figura 5.2, o ponto 3 como responsável pela maior amplitude de dispersão. Consequentemente, o ponto 3 apresentou maior desvio padrão de 12,35, com valor mínimo de 18,6 UNT (coleta 5) e máximo de 54,1 UNT (coleta 6). Entretanto, de forma semelhante ao ocorrido com os resultados de condutividade, observa-se para turbidez a proximidade dos valores mensurados durante uma mesma coleta.

5.3 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO

O parâmetro pH apresentou correlação positiva com COD ($r = 0,6837$, $p < 0,001$), e correlação negativa com fósforo reativo ($r = -0,6743$, $p < 0,001$) e nitrogênio amoniacal ($r = -0,6658$, $p < 0,001$). O processo de degradação microbiológica sob elevadas concentrações de carbono orgânico acarreta na redução dos valores de pH e redução de nutrientes como fósforo reativo (ou ortofosfato, forma diretamente assimilável por microrganismos) e nitrogênio amoniacal. Entretanto, neste caso a degradação ainda não promoveu redução expressiva do pH. Adicionalmente, os valores de pH apresentaram-se de forma homogênea durante as seis coletas de monitoramento, fato confirmado pelo teste ANOVA no Apêndice III, pela reduzida dispersão existente entre os dados (ver Figura 5.3), e pelos valores de desvio padrão, em que o maior desvio padrão foi observado no ponto 1 (0,17), e o menor foi o referente ao ponto 5 (0,08).

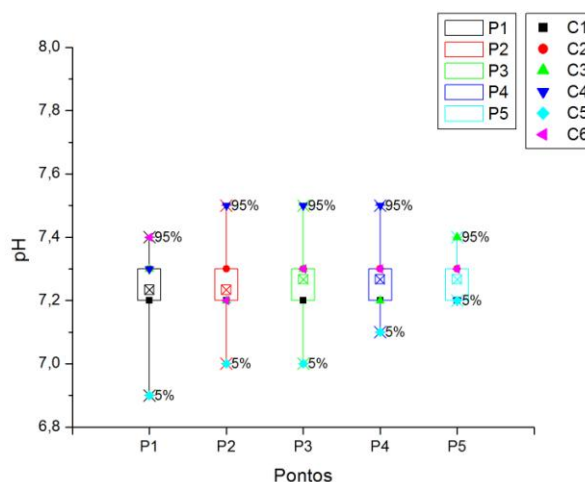


Figura 5.3 – pH: dispersão observada entre os pontos de monitoramento.

A análise da Figura acima, permite verificar os extremos mínimos delimitados pela coleta 5 para segundo os respectivos pontos, e o predomínio da coleta 4 como responsável pelos extremos máximos. Adicionalmente, todos os valores de pH mensurados estão de acordo com o disposto pela Resolução CONAMA/357 de 2005, em que o pH deve obedecer a faixa de 6,0 – 9,0 para qualquer classe de qualidade.

5.4 OXIGÊNIO DISSOLVIDO

O OD pelo sensor apresentou correlação positiva com nitrito ($r=0,6493$, $p<0,001$), e razão 250/365 ($r=0,7515$, $p<0,001$). Ainda apresentou correlação negativa com nitrogênio total ($r=-0,7032$, $p<0,001$), nitrogênio amoniacal ($r=-0,6717$, $p<0,001$), absorvância UV 254 nm, SUVA ($r=-0,7895$, $p<0,001$), e absorvância UV 285 nm ($r=-0,8169$, $p<0,001$). Quanto ao OD titulométrico, este apresentou correlação negativa com nitrogênio amoniacal ($r=-0,8301$, $p<0,001$), SS ($r=-0,7119$, $p<0,001$), absorvância UV 254 nm e SUVA ($r=-0,7264$, $p<0,001$), absorvância UV 285 nm ($r=-0,7098$, $p<0,001$). E positiva com nitrito ($r=0,6492$, $p<0,001$), e vazão ($r=0,7542$, $p<0,001$). A correlação positiva de ambos os métodos de mensuração de OD com nitrito e negativa com nitrogênio amoniacal, pode estar relacionada ao andamento do processo de nitrificação em que a disponibilidade de oxigênio é reduzida ao promover a oxidação de compostos como nitrogênio amoniacal a nitritos, e posteriormente destes à nitratos. Não foram observadas correlações significativas entre OD e os parâmetros de DBO e DQO, fenômeno também assistido por Villa (2005) em seu trabalho no Lago do Parque Barigui, Curitiba – PR, e por Knapik (2009) em estudos no rio Iguaçu. Quanto a análise de dispersão dos resultados, esta pode ser avaliada pela Figura 5.4, sendo os cinco pontos monitorados definidos por P1, P2, P3, P4, e P5 para o método titulométrico, e por P1a, P2a, P3a, P4a, e P5a para o método de leitura direta por sensor.

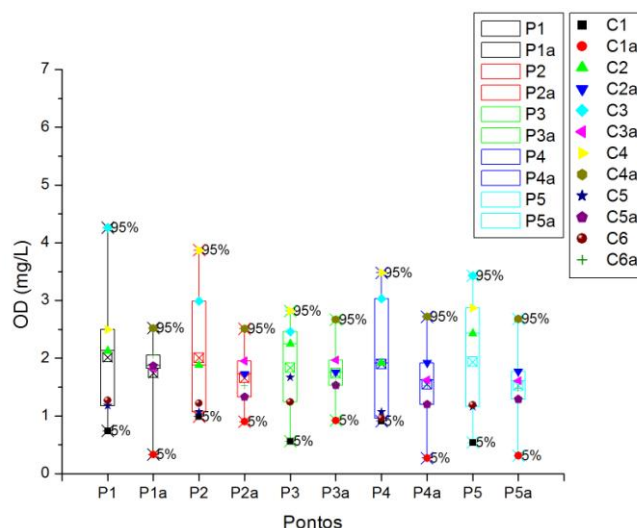


Figura 5.4 – Oxigênio dissolvido: dispersão observada entre os pontos de monitoramento segundo o método titulométrico (Px), e o método direto com leitura em sensor (Pxa).

Pela análise da Figura 5.4, verifica-se que a variação dos dados foi maior pelo método titulométrico, comparado ao direto por sensor. O que de certa forma pode ser confirmado pelos valores de desvio padrão encontrados, sendo um máximo de 1,27 (ponto 1) e mínimo de 0,84 (ponto 3) para o método titulométrico, e máximo de 0,80 (ponto 4) e mínimo de 0,55 (ponto 2) para o método direto por sensor.

De modo geral, os valores de OD encontrados foram considerados baixos em termos de qualidade da água e manutenção da vida aquática. Pela Resolução CONAMA nº357/2005, Seção II o rio pode ser enquadrado em classe 4 de acordo com os resultados obtidos: (i) pela coleta 4 por ambos os métodos, (ii) coleta 3 pelo método Winkler, e (iii) coleta 2 pontos 1, 3, e 5 pelo método Winkler. Os demais valores determinados para os pontos e respectivas coletas não atingiram o mínimo de 2 mg/L exigido para a classe 4. Ainda, o ponto 1 pelo método direto por sensor apresentou média menor que 50% dos valores mensurados, isso provavelmente ocorreu por influencia do valor de 0,33 mg/L determinado para o ponto na coleta 1.

A análise de variância (ANOVA) avaliou os resultados quanto a diferenças entre (i) os pontos, sob a suposição de que cada ponto estaria submetido as mesmas condicionantes no momento de coleta; (ii) as coletas; e (iii) de forma simultânea, entre os métodos titulométrico e por sensor. A Figura 5.5 apresenta o teste ANOVA realizado para os cinco pontos segundo os dois métodos. Importante salientar que os cinco pontos monitorados por este trabalho são denominados neste item por P1, P2, P3, P4 e P5 para referenciar os resultados obtidos pelo método titulométrico, e denominados por P1a, P2a, P3a, P4a e P5a para referenciar os resultados obtidos pelo método direto por sensor.

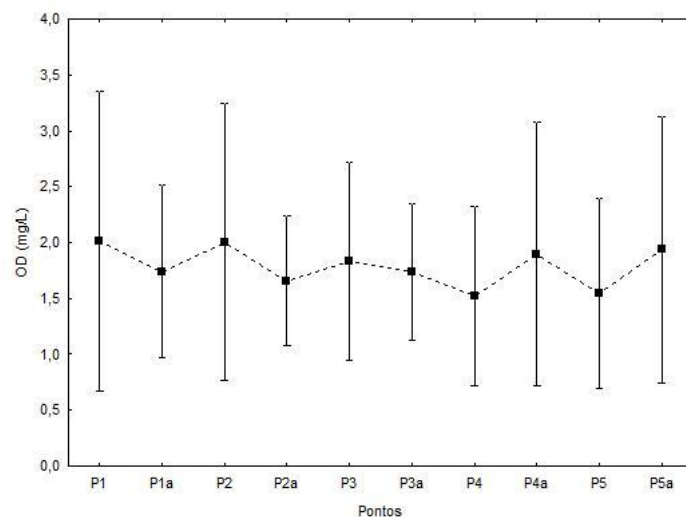
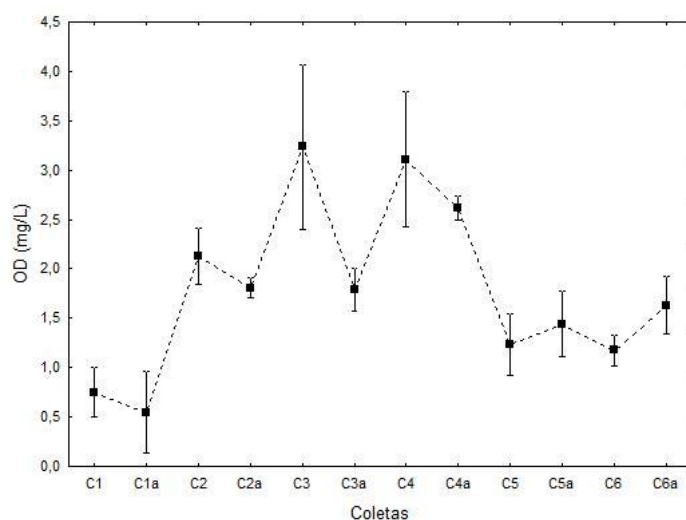


Figura 5.5 – Teste ANOVA de comparação de OD entre os pontos amostrados segundo os métodos titulométrico (Px) e direto por sensor (Pxa). Em que $F(9, 50) = 0,21778$, $p = 0,99058$, com intervalo de 95% de confiança.

Durante o período monitorado, pela análise da Figura 5.5, pode-se afirmar que não houve diferença significativa entre os valores de oxigênio dissolvido entre os cinco pontos amostrados, tanto pelo método de leitura direta por sensor, quanto pelo método titulométrico, assim como também não houve variação significativa de mensuração de OD entre as metodologias. Já a Figura 5.6 apresenta o comparativo entre as metodologias respectivas por coleta, sendo C1, C2, C3, C4, C5 e C6, coletas referentes ao método titulométrico e C1a, C2a, C3a, C4a, C5a e C6a, referentes ao método direto por sensor.



5.6 – Teste ANOVA de comparação de OD entre as coletas segundo os métodos titulométrico (Px) e direto por sensor (Pxa). Em que $F(11, 48) = 36,522$, $p = 0,000$, com intervalo de 95% de confiança.

Na avaliação dos resultados de uma mesma coleta segundo metodologias distintas, pode-se observar pela Figura 5.6, que apenas a coleta 3 apresentou resultados significativamente diferentes. Entretanto, em termos de gestão de recursos hídricos, diferenças como esta podem dificultar a classificação de corpos aquáticos em níveis de qualidade para o parâmetro em questão quanto a Resolução CONAMA n°357, por exemplo.

5.5 TEMPERATURA

Na análise de correlação de Pearson, a temperatura obteve correlação negativa com razão 250/365 (ou E2/E3) ($r = -0,6661$, $p < 0,001$), nitrito ($r = -0,6804$, $p < 0,001$), OD pelo sensor ($r = -0,7378$, $p < 0,001$) e fraca e negativa com OD titulométrica ($r = -0,5575$, $p < 0,003$). A correlação negativa com OD está relacionada a solubilidade do oxigênio é inversamente proporcional a temperatura. Já a correlação negativa com nitrito, pode estar relacionada ao aumento da temperatura favorecer o processo de degradação e consequentemente reduzir a disponibilidade de nitrito e compostos aromáticos orgânicos (indicados pela razão E2/E3).

Quanto as correlações positivas, a temperatura apresentou com DQO colorimétrica ($r = 0,6910$, $p < 0,001$), nitrogênio total ($r = 0,6985$, $p < 0,001$), nitrogênio amoniacal ($r = 0,8215$, $p < 0,001$), absorbância UV em 285 nm ($r = 0,7006$, $p < 0,001$), absorbância UV em 254 nm e SUVA em 254 nm ($r = 0,6566$, $p < 0,001$). Tais correlações indicam a presença de compostos orgânicos de passíveis de degradação sob condições propicias de temperatura. Adicionalmente, a Figura 5.7 apresenta os resultados de temperatura quanto a sua variação na seção transversal do rio em estudo.

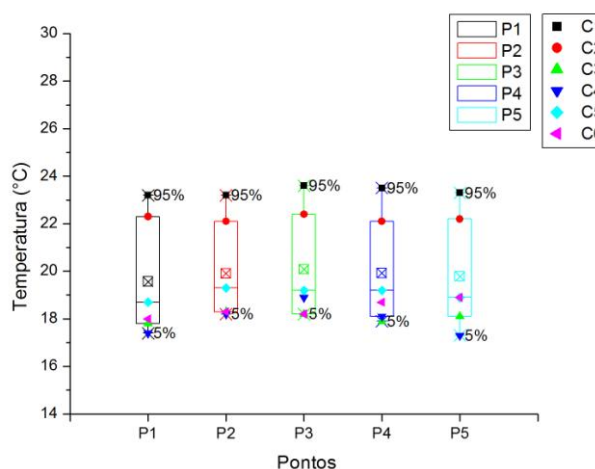


Figura 5.7 – Temperatura: dispersão observada entre os pontos de monitoramento.

Ao observar a Figura 5.7, pode-se constatar que a 50% dos valores, mediana e média encontram-se nas proximidades dos menores valores. A maior variação de temperatura foi observada no ponto 5, sendo o valor mínimo encontrado de 17,3 °C e máximo de 23,3 °C. Entretanto, a avaliação da dispersão dos valores de temperatura entre os cinco pontos amostrais de uma mesma coleta, permite afirmar que tal variação foi pequena. O parâmetro temperatura é de grande importância para a estabilidade do sistema, visto que exerce influência na cinética de reações.

5.6 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO

A DBO titulométrica obteve correlação positiva com nitrogênio total ($r=0,6188$, $p<0,001$). Quanto a DBO manométrica, esta apresentou correlação positiva com ST ($r=0,7489$, $p<0,001$), SST ($r=0,6791$, $p<0,001$), SSV ($r=0,6571$, $p<0,001$), SDV ($r=0,7035$, $p<0,001$), SS ($r=0,7490$, $p<0,001$), e fraca correlação com nitrogênio amoniacal ($r= 0,5454$, $p<0,003$). O que pode ser indicativo de matéria orgânica proveniente de despejos domésticos, visto que tanto a presença de sólidos quanto de frações de nitrogênio são característicos de tais despejos. Adicionalmente, o aumento de valores de DBO com o aumento da concentração de sólidos também foi apreciado por Jingsheng (2006) em seu estudo sobre a qualidade do rio Amarelo na China.

Ainda, a DBO manométrica apresentou correlação negativa com nitrito ($r= -0,6281$, $p<0,001$) e vazão ($r= -0,8819$, $p<0,001$). A presença de considerável concentração de nitrito em rios sugere que o processo de nitrificação (demanda nitrogenada) está em andamento, por se tratar de um fenômeno comum de ocorrer nos últimos estágios da demanda carbonácea, fica coerente a correlação negativa entre os parâmetros, DBO e nitrito. Quanto à correlação negativa com a vazão, é bastante lógico que incrementos de vazão decorrentes de períodos com chuvas sejam o principal contribuinte para a diluição da matéria orgânica.

Os métodos de DBO não apresentaram correlação positiva com os métodos de DQO, assim como não apresentaram correlação negativa com OD, fatos estes também presenciados pelo trabalho de Jingsheng (2006) e Villa (2005) mencionados anteriormente. Adicionalmente, os dados de DBO foram avaliados quanto ao grau de dispersão por meio da Figura 5.8 a seguir. Sendo neste item, os cinco pontos monitorados por este trabalho denominados por P1, P2, P3, P4 e P5 para referenciar os resultados obtidos pelo método titulométrico, e denominados por P1a, P2a, P3a, P4a e P5a para referenciar os resultados obtidos pelo método manométrico.

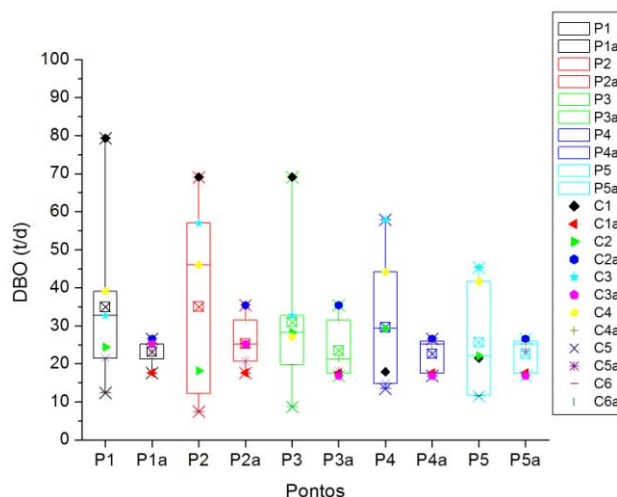


Figura 5.8 – DBO: dispersão observada entre os pontos de monitoramento. Px corresponde aos resultados de DBO titulométrica, e Pxa aos de DBO manométrica.

A avaliação da Figura 5.8 acima, permite afirmar que os resultados decorrentes do método titulométrico apresentaram maior variação ao longo do período monitorado, quando comparado ao método manométrico. Esta maior variação pode ser um reflexo do somatório da complexidade do método, de erros sistemáticos e/ou procedimentais, e pelo método permitir a apuração do valor de DBO com um maior número de casas decimais, comparado ao valor inteiro de DBO fornecido pelo método manométrico. Ainda, a maior amplitude entre os dados de DBO foi observada no ponto 1 pelo método titulométrico com valor mínimo 13,1 (t/d) de e máximo de 79,31 (t/d), resultando em um range de 61,4 (t/d) e desvio padrão de 29,24. Para o método manométrico a maior amplitude (8,85) foi observada no ponto 2 sob valor máximo de 35,4 e mínimo de 26,55. Com base na mesma Figura acima, a análise da seção transversal do rio em termos de concentração e/ou carga de DBO não permitiu definir um padrão de comportamento na seção entre os pontos, de modo a estabelecer maior dispersão entre os pontos em profundidade (2, 3 e 4) e menor entre os pontos de margem direita (1) e esquerda (5) ou vice e versa, por exemplo.

A comparação entre os valores obtidos de DBO para cada ponto da seção do rio segundo os métodos titulométrico e manométrico foi realizada por meio do teste estatístico ANOVA apresentado na Figura 5.9.

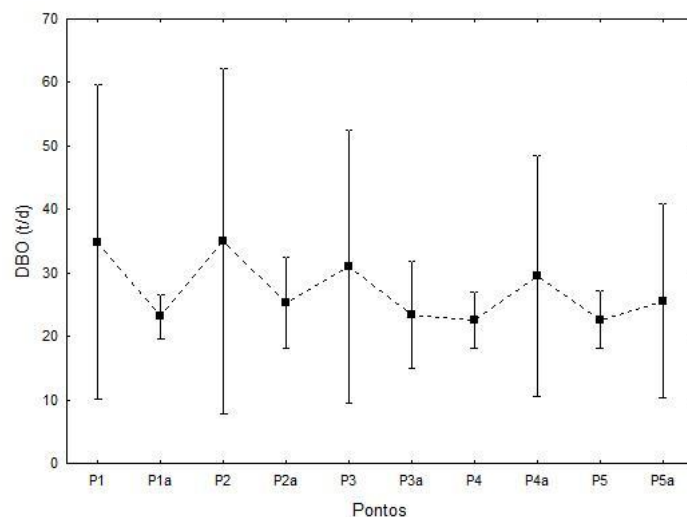


Figura 5.9 – Teste ANOVA de comparação entre os pontos amostrados segundo os métodos titulométrico (Px) e manométrico (Pxa). Em que $F(9, 50) = 0,62178$, $p = 0,77281$, com intervalo de 95% de confiança.

Pela análise da Figura 5.9, observa-se que o valor de F calculado (0,62178) foi inferior ao tabelado (2,08) e assim, fica evidente que não há diferença significativa entre as metodologias titulométrica e manométrica, visto que não foram presenciadas diferenças significativas entre as médias (o que pode ser confirmado pelo teste de Tukey apresentado no Apêndice III). Apesar da elevada variação dos dados de DBO titulométrica, do ponto de vista da gestão de recursos hídricos, a Figura 5.9 contém informações de expressiva valia, pois expõe de certa forma a consistência em termos de concentração de DBO, dos pontos monitorados ao longo das coletas, segundo metodologias diferentes.

Os dados de DBO também foram avaliados em termos de variação entre as seis coletas, apresentados na Figura 5.10. Neste item, as seis coletas de monitoramento realizadas foram denominadas por C1, C2, C3, C4, C5 e C6 para referenciar os resultados de DBO titulométrico e C1a, C2a, C3a, C4a, C5a, e C6a para referenciar os resultados de DBO manométrica.

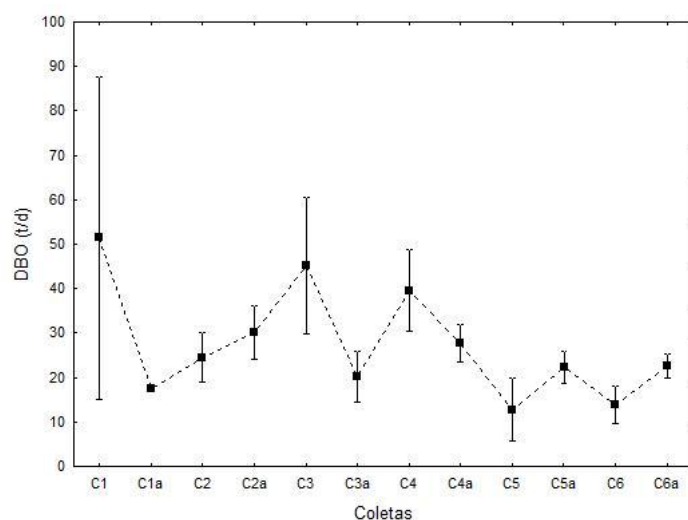


Figura 5.10 – Teste ANOVA de comparação entre coletas segundo os métodos titulométrico e manométrico. Em que $F(11, 48) = 7,5117$, $p = 0,0000$, com intervalo de 95% de confiança.

A partir da Figura 5.10, constatou-se que o valor de F calculado (7,5117) foi maior que o F tabelado (~2,39), o que rejeita a hipótese das respectivas médias das coletas serem iguais. Na avaliação de uma mesma coletas segundo metodologias diferentes, titulométrica e manométrica, verificou-se diferenças significativas entre os valores de DBO mensurados nas coletas 1 e 3, ou seja, diferenças entre C1 (DBO titulométrica) e C1a (DBO manométrica), e entre C3 (DBO titulométrica) e C3a (DBO manométrica). O Apêndice III contém respectivos testes Tukey que comprovam as diferenças aqui citadas. Os resultados expostos na Figura 5.10, evidenciam a fragilidade das informações de conteúdo orgânico, quanto mensuradas por métodos distintos, visto que uma dada coleta deveria reproduzir resultados iguais segundo metodologias distintas, o que de fato não ocorreu nas coletas 1 e 3. Adicionalmente, a Tabela 5.1 contém valores de média e desvio padrão respectivos por coleta segundo metodologia.

Tabela 5.1 – DBO: média (em negrito) e desvio padrão (na sequência) para cada coleta segundo metodologia.

Coletas											
C1	C1a	C2	C2a	C3	C3a	C4	C4a	C5	C5a	C6	C6a
51,37	17,58	24,46	30,09	45,14	20,14	39,61	27,75	12,77	22,29	13,90	22,65
±29,24	±0,00	±4,52	±4,85	±12,38	±4,60	±7,45	±3,46	±5,64	±2,96	±3,34	±2,11

5.7 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

A DQO colorimétrica obteve correlação positiva com COD ($r=0,6864$, $p<0,001$), nitrogênio total ($r=0,9124$, $p<0,001$), nitrogênio amoniacal ($r=0,6975$, $p<0,001$), correlações que pode indicar a presença de matéria orgânica advinda de efluentes domésticos, dado que compostos nitrogenados

são característicos de tais efluentes. Ainda, DQO colorimétrica obteve correlação negativa com razão 250/365 ($r = -0,7734$, $p < 0,001$), que pode indicar elevado estágio de degradação. De forma semelhante, a DQO titulométrica, obteve correlação positiva com nitrogênio total ($r = 0,8080$, $p < 0,001$), e correlação negativa com razão 250/365 ($r = -0,6348$, $p < 0,001$). Os dados de DQO também foram avaliados quanto a sua dispersão na Figura 5.11.

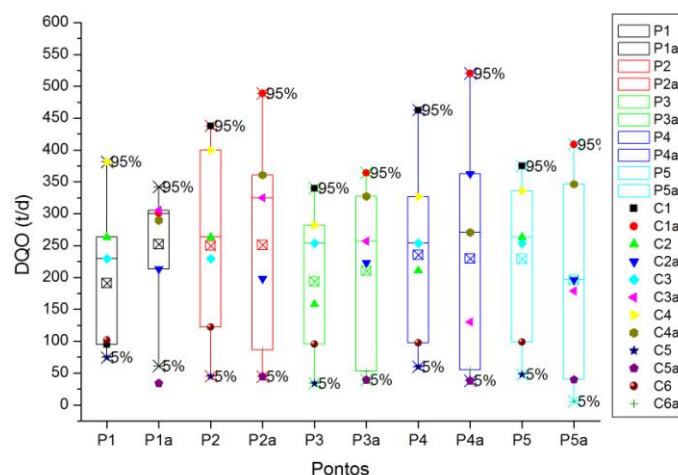


Figura 5.11 – DQO: dispersão observada entre os pontos de monitoramento. Px corresponde aos resultados de DQO titulométrica, e Pxa aos de DQO colorimétrica.

Pela Figura 5.11, constata-se que a maior variação referente ao método titulométrico foi observada no ponto 2 sob um desvio padrão de 152,7, e no ponto 4 pelo método colorimétrico, sob desvio padrão de 190,1. Em geral, com exceção do ponto 1, para os demais pontos a dispersão dos dados foi maior pelo método colorimétrico. Contrariamente aos resultados de DBO situados no item 5.8, em que o método titulométrico promoveu maior dispersão quando comparado ao método manométrico, os resultados de DQO pelo método titulométrico apresentaram menor dispersão dos dados quando comparados ao método de DQO colorimétrico. Isto pode estar relacionado ao momento de viragem no método titulométrico da DQO ser visivelmente mais perceptível (alteração da coloração com a titulação nesta sequência: laranja, azul, verde, marrom avermelhado) do que no método de DBO titulométrico (difícil definição do amarelo palha). Vale salientar que a dispersão entre os métodos de DQO, não foi tão abrupta quanto a dispersão entre os métodos de DBO testados.

O teste ANOVA, disposto na Figura 5.12, foi realizado para verificação de diferenças entre as metodologias de quantificação de demanda química de oxigênio titulométrica e colorimétrica por ponto monitorado. Importante salientar que os cinco pontos monitorados por este trabalho são denominados neste item por P1, P2, P3, P4 e P5 para referenciar os resultados obtidos pelo método

titulométrico, e denominados por P1a, P2a, P3a, P4a e P5a para referenciar os resultados obtidos pelo método colorimétrico.

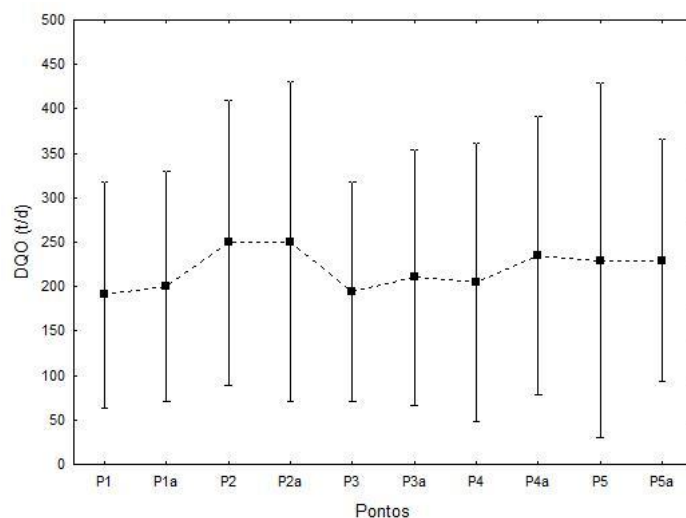


Figura 5.12 – Teste ANOVA de comparação entre os pontos amostrados segundo os métodos titulométrico (Px) e colorimétrico (Pxa). Em que $F(9, 50) = 0,13947$, $p = 0,99825$, com intervalo de 95% de confiança.

Pela análise da Figura 5.12, observa-se que não houve diferenças relevantes, F calculado (0,13947) inferior ao tabelado (2,08), assim como sugerido pelo teste Tukey contido no Apêndice III. Os resultados expostos pela figura referida, ostentam a igualdade metodológica entre as técnicas aqui estudadas para a quantificação de DQO. Neste contexto, se estatisticamente os métodos de DQO titulométrico e colorimétrico geram resultados semelhantes, cabe ao gestor optar por um ou outro método segundo vantagens e desvantagens específicas. Logo, a adoção do método colorimétrico é preferível por demandar menor volume de reagentes, e consequentemente por gerar menor volume de subprodutos nocivos ao ambiente, e por ser tecnicamente mais prático.

Na avaliação quanto a diferenças entre o período amostrado, ou coletas, não foram constatadas diferenças significativas entre os métodos submetidos a avaliação, titulométrico e colorimétrico, segundo uma mesma coleta (ver Figura 5.13).

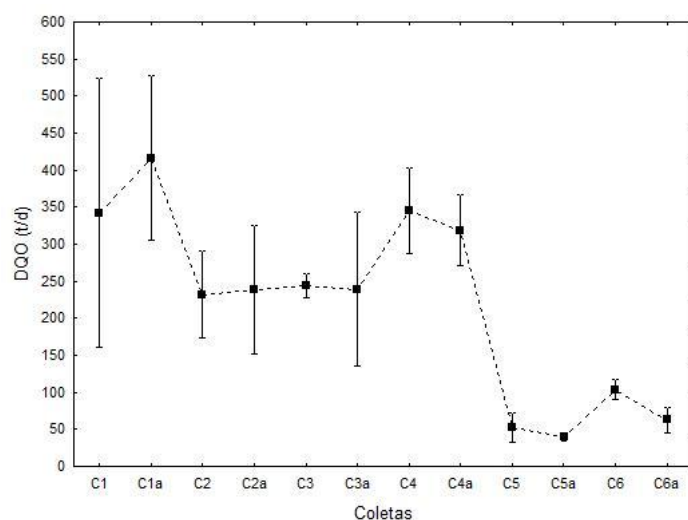


Figura 5.13 – Teste ANOVA de comparação entre coletas segundo os métodos titulométrico e colorimétrico. Em que $F(11, 48) = 20,443$, $p = 0,0000$, com intervalo de 95% de confiança.

A Figura 5.13 reforça a adoção do método colorimétrico, análise de maior praticidade, dado que não houve constatações de diferenças significativas resultados mensurados na seção durante o período monitorado. Adicionalmente, a Tabela 5.2 dispõe quanto aos respectivos valores de média e de desvio padrão para cada coleta.

Tabela 5.2 – DQO: média (em negrito) e desvio padrão (na sequência) para cada coleta segundo metodologia

Coletas											
C1	C1a	C2	C2a	C3	C3a	C4	C4a	C5	C5a	C6	C6a
341,98	416,38	231,79	238,80	244,04	239,38	345,13	318,89	52,11	39,19	103,22	62,46
±146,46	±89,87	±47,12	±70,13	±13,23	±83,09	±46,75	±37,99	±15,66	±3,73	±10,82	±13,78

Os elevados valores de carga dispostos na Tabela 5.2 servem de subsídio à aplicação desnecessária do parâmetro de DQO na gestão de recursos hídricos, visto que o mesmo não produz resultado satisfatório à tomada de decisão por parte do gestor por ser característico do parâmetro superestimar o conteúdo orgânico por oxidar também a fração inerte.

5.8 CARBONO ORGÂNICO DISSOLVIDO

O COD teve correlação positiva com SDT ($r=0,6015$, $p<0,001$), DQO colorimétrica ($r=0,6322$, $p<0,001$) e titulométrica ($r=0,6305$, $p<0,001$), vazão ($r=0,6403$, $p<0,001$), nitrogênio total ($r=0,6672$, $p<0,001$), e absorvância UV em 285 nm ($r=0,6918$, $p<0,001$), absorvância UV em 254 nm e SUVA em 254 nm ($r=0,6707$, $p<0,001$). A correlação do carbono com absorvância UV em 285 nm, sugere que o carbono está composto principalmente por ácidos fúlvicos, caso não exista

correlação, pode ser indicativo de carbono autóctone ou mais alifático. Quando ao potencial de dispersão, a Figura 5.14 apresenta os resultados adquiridos por ponto.

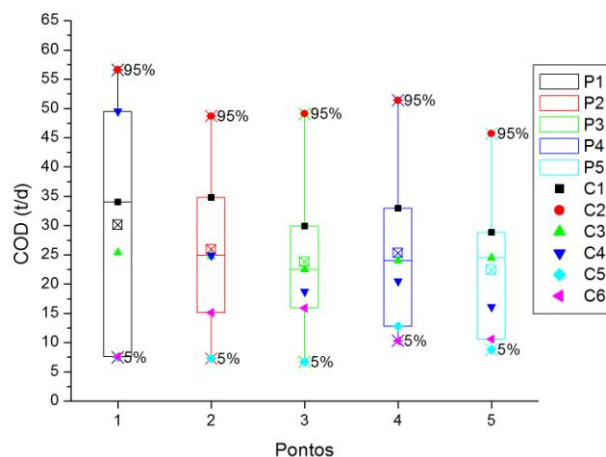
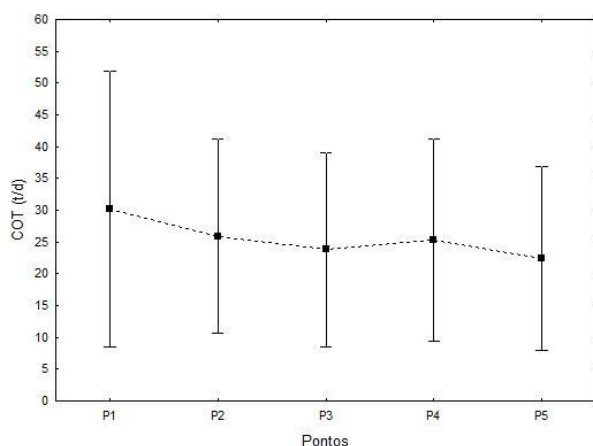
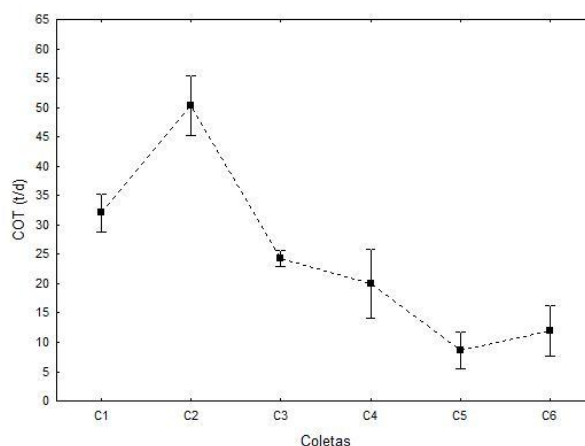


Figura 5.14 – COD: dispersão observada entre os pontos de monitoramento.

Em geral, os dados de COD apresentaram-se pouco dispersos, sendo o maior valor de desvio padrão correspondente a P1 (20,6) e menor em P5 (13,7). Ainda, os resultados de COD foram avaliados com auxílio do teste ANOVA quanto a diferenças possivelmente existentes entre os pontos monitorados e entre coletas (Figura 5.15).



$$F(4, 25) = 0,19984, p = 0,93607$$



$$F(5, 23) = 124,58, p = 0,0000$$

Figura 5.15 – Teste ANOVA de comparação de COD entre pontos de monitoramento (a) e coletas (b).

Pela visualização da Figura 5.15 pode-se constatar que não houve diferenças estatisticamente significativas entre as coletas. Já na avaliação entre as coletas, observou-se que i) as coletas 1, 3 e 4 são estatisticamente iguais; ii) a coleta 2 é diferente de todas as demais; e iii) a coleta 5 não é diferente apenas da coleta 6 e vice-versa, estas diferenças são ostentadas pelas peculiaridades da bacia no momento de coleta. Tais informações são confirmadas pelo teste Tukey no Apêndice III. Com base nas informações anteriores quanto ao parâmetro COD, salienta-se a

estabilidade dos valores ao longo da seção como sugerido pelos gráficos de dispersão e pela análise de variância entre os pontos.

5.9 NITROGÊNIO

O nitrogênio total teve correlação positiva com fósforo reativo ($r=0,6519$, $p<0,001$), carbono dissolvido total ($r=0,6554$, $p<0,001$), e DQO colorimétrica ($r=0,7492$, $p<0,001$) e titulométrica e ($r=0,6150$, $p<0,001$). Estas correlações podem estar relacionadas à presença de esgotos domésticos e/ou industriais. O nitrogênio total também apresentou correlação linear negativa com SS ($r= -0,6308$, $p<0,001$), razão 250/365 ($r= -0,7046$, $p<0,001$), e OD sensor ($r= -0,7032$, $p<0,001$).

Adicionalmente, o nitrogênio total teve correlação positiva com nitrogênio amoniacal ($r=0,7329$, $p<0,001$) e negativa com nitrito ($r= -0,8662$, $p<0,001$), o que sugere a fração amoniacal como forma predominante de nitrogênio, e consequentemente, presença de descargas recentes de nutrientes pelo estágio ainda incipiente de oxidação. Ainda, a correlação positiva de nitrogênio total com a vazão ($r=0,6369$, $p<0,001$), pode estar relacionada a aportes de nutrientes advindos do solo por drenagem natural. Entretanto, como mencionado anteriormente, o nitrogênio amoniacal apresenta-se como fração predominante de nitrogênio, e possui correlação negativa com vazão ($r= -0,8118$, $p<0,001$), e razão 250/365 ($r= -0,6311$, $p<0,001$). A razão entre os comprimentos de onda 250 nm e 365 nm, também conhecida por E2/E3, está relacionada ao grau de aromaticidade de compostos orgânicos, em que a E2/E3 é inversamente proporcional ao grau de aromaticidade e ao peso molecular de substâncias húmicas solúveis.

A avaliação das frações de nitrogênio quando a dispersão dos dados foi realizada para nitrogênio total, amoniacal, nitrito e nitrato, e estão dispostas na Figura 5.16 abaixo.

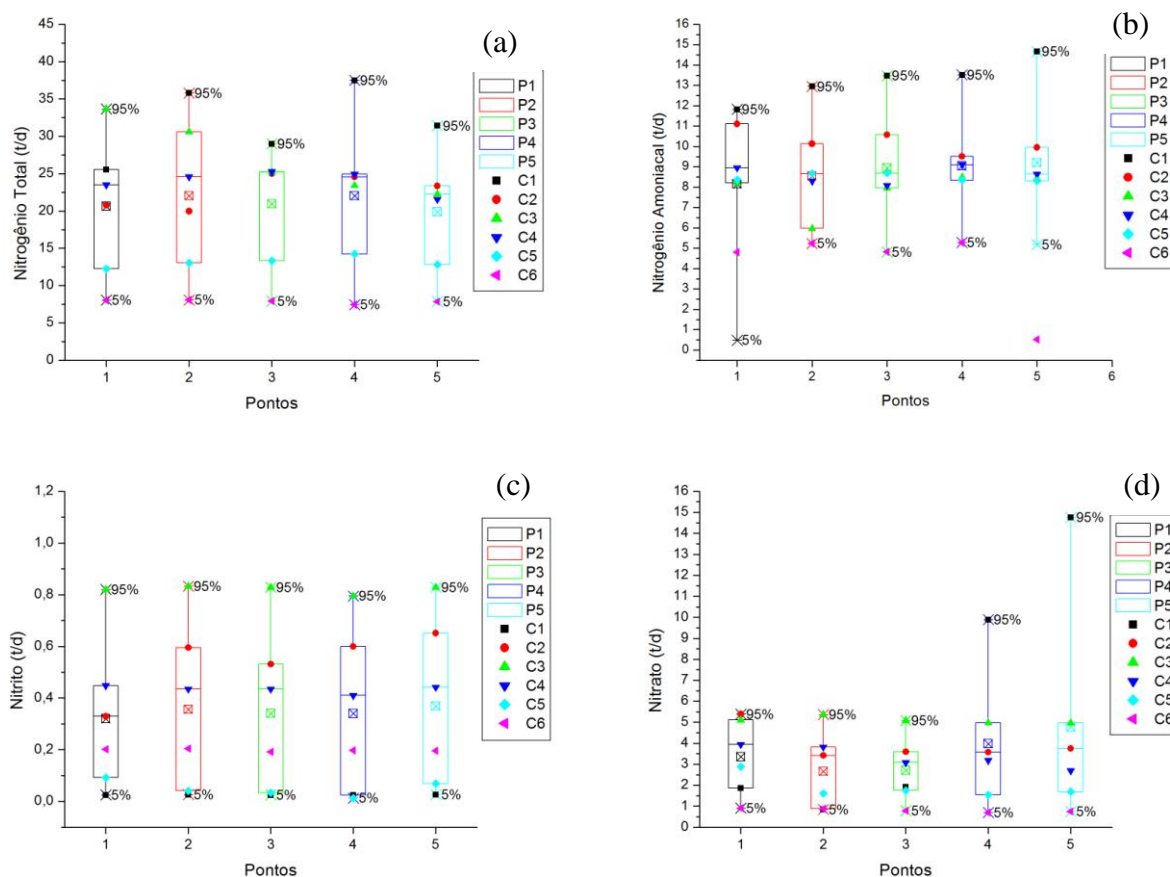
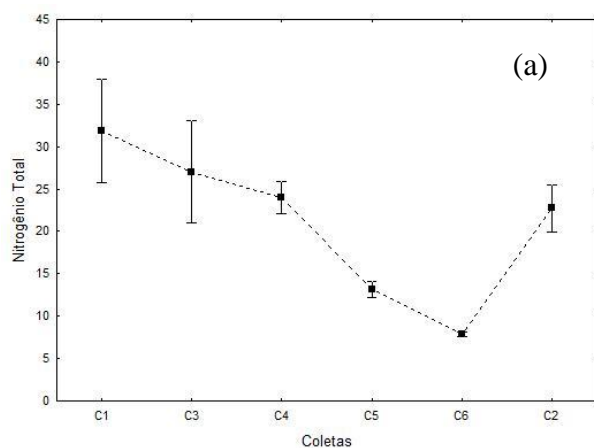
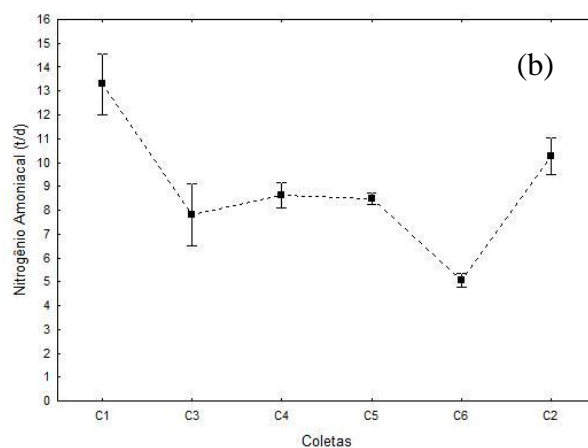


Figura 5.16 – Nitrogênio: dispersão observada entre os pontos de monitoramento para nitrogênio total (a), amoniacal (b), nitrito (c) e nitrato (d).

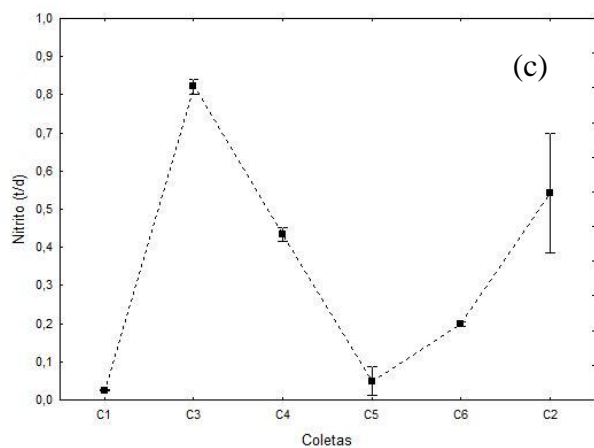
A partir da Figura 5.16, observa-se elevados valores de nitrato durante a coleta 1 para os pontos 4 e 5, tais valores possivelmente decorrentes de erros procedimentais. Os resultados de nitrogênio total, amoniacal, nitrito e nitrato foram avaliados quanto à variação de suas respectivas concentrações entre os pontos monitorados. Para tanto, a análise de variância foi realizada e pela mesma não foi constatada diferenças significativas entre os pontos para nenhum dos parâmetros. Os gráficos referentes à análise ANOVA estão dispostos no Apêndice III. quanto a análise de variância entre as coletas, estas estão dispostas na Figura 5.17 (os valores duvidosos de nitrato mensurados durante a primeira coleta para os pontos 4 e 5 foram excluídos para a análise).



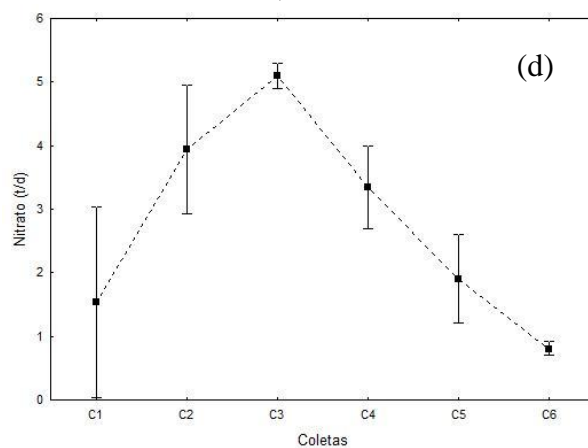
Nitrogênio total: $F(5, 24) = 42,960$, $p = 0,0000$



Nitrogênio amoniacal: $F(5, 24) = 79,693$, $p = 0,0000$



Nitrito: $F(5, 24) = 167,45$, $p = 0,0000$



Nitrato: $F(5, 22) = 47,229$, $p = 0,0000$

Figura 5.17 – Teste ANOVA de comparação entre coletas para os parâmetros de nitrogênio total (a), amoniacal (b), nitrito (c) e nitrato (d).

Na comparação entre as coletas, o teste ANOVA disposto na Figura 5.17, resultou para o parâmetro nitrogênio total diferenças entre a coleta 1 com as demais coletas; ainda, as coletas 4 e 5 apresentaram diferenças com as demais coletas. Quanto ao nitrogênio amoniacal, apenas não houve diferenças entre as coletas 3, 4 e 5. Para o parâmetro nitrito, observou-se que apenas as coletas 1 e 5 foram iguais. E para nitrato a coleta 1 foi igual a 5 e 6; e a coleta 2 foi igual a 4.

5.10 FÓSFORO

O fósforo total apresentou correlação linear positiva com nitrogênio amoniacal ($r=0,7173$, $p<0,001$), nitrato ($r=0,6996$, $p<0,001$). E negativa com nitrito ($r= -0,6292$, $p<0,001$). Adicionalmente, a fração de fósforo reativo teve correlação positiva com nitrogênio total ($r=0,6519$, $p<0,001$), nitrogênio amoniacal ($r=0,6114$, $p<0,001$). E negativa com nitrito ($r= -0,7148$, $p<0,001$). A Figura 5.18 apresenta a dispersão dos parâmetros de fósforo total e reativo.

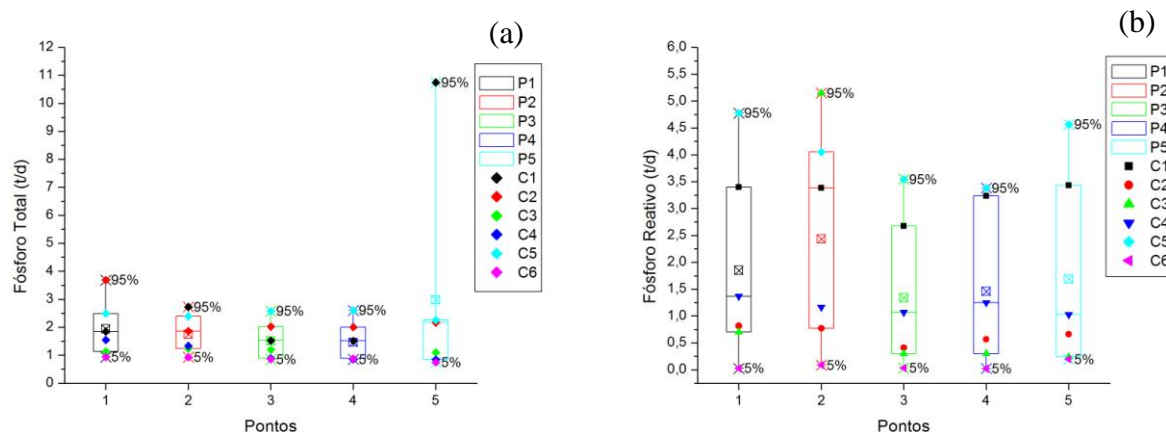


Figura 5.18 – Fósforo: dispersão observada entre os pontos de monitoramento para fósforo total (a) e fósforo reativo (b).

Segundo a Figura 5,18, para os dados de fósforo total, os pontos P5 e P3 apresentaram o maior (3,86) e o menor (0,67) valor de desvio padrão, respectivamente. Quanto ao fósforo reativo, o menor (1,43) desvio padrão foi encontrado em P3, e maior (2,03) em P2. Ainda, com relação aos resultados de fósforo total, os pontos 1, 2, 3 e 4 apresentaram baixa variação com valor médio quase ou coincidente com a mediana. Entretanto, o ponto 5 apresentou comportamento atípico com média superior a 50% dos valores concentrados entre o primeiro e terceiro quartil. Isso ocorreu devido à influência do valor de fósforo total mensurado na primeira coleta de 10,7 t/d, valor elevado que pode ser indicativo de contaminação da amostra no processo de análise laboratorial.

O teste ANOVA (Apêndice III) realizado para os parâmetros de fósforo total e fósforo reativo, permitiu constatar que não houve variação significativa entre os pontos amostrados, e nem mesmo entre as coletas.

5.11 SÓLIDOS

Os dados de SS apresentaram correlação positiva com absorvância UV 254 nm e SUVA 254 nm ($r=0,6620$, $p<0,001$). E correlação negativa com vazão ($r= -0,7136$, $p<0,001$).

Os dados de sólidos referentes à coleta 2 (C2) para os pontos P3, P4 e P5 não foram determinados devido a presença de óleos e graxas nas amostras. Situação não encontrada para os demais pontos, P1 e P2, da mesma coleta. A Figura 5.19 apresentam os resultados obtidos na seção em termos de dispersão.

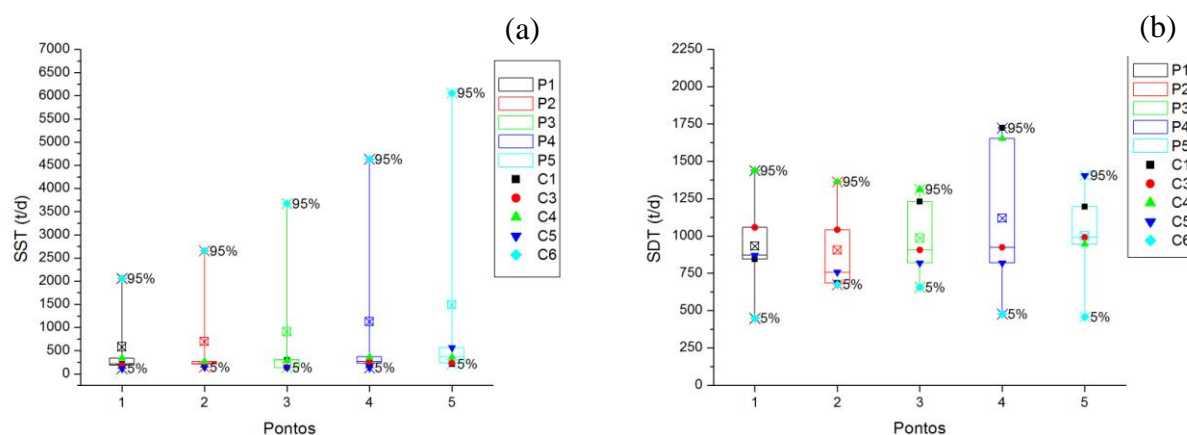


Figura 5.19 – Sólidos: dispersão observada entre os pontos de monitoramento para SST (a) e SDT (b).

A coleta 6 contribuiu com elevadas concentrações de sólidos, em especial a fração de sólidos suspensos (ver Figura 5.19). Adicionalmente, observa-se a influencia devido aos altos valores referentes a coleta 6 que tornaram possível elevados valores de desvio padrão, com valor máximo de 2558,7 para o P5. Os resultados de sólidos dissolvidos totais foram menos sensíveis aos elevados valores encontrados na coleta 6. Contudo, todos os pontos apresentaram elevados valores de desvio padrão com valor máximo de 545,6 (P4).

Não foram constatadas diferenças entre os pontos para sólidos particulados e dissolvidos totais, como pode ser observado no teste ANOVA situado no Apêndice III. Contudo, a avaliação entre coletas permitiu constatar que houve diferença entre a coleta 6 para com as outras coletas para SST. E para SDT, houve diferença entre a coleta 6 para com coletas 1 e 4 (ver Figura 5.20).

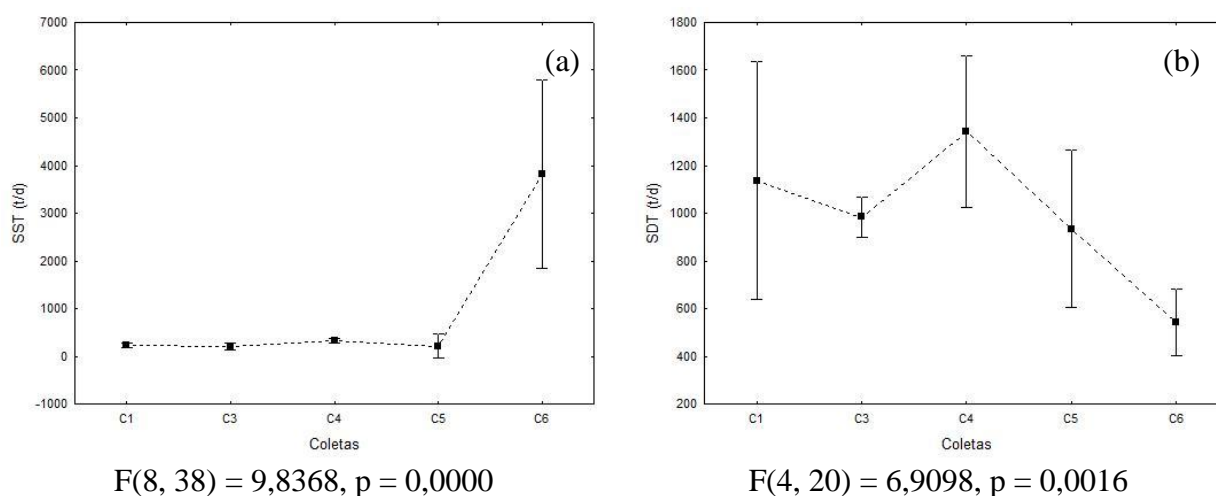


Figura 5.20 – Teste ANOVA de comparação entre coletas para os parâmetros de SST (a) e SDT (b)

5.12 ESPECTROSCOPIA NA REGIÃO DO ULTRAVIOLETA – VISÍVEL E DE FLUORESCÊNCIA

A absorbância UV em 254 nm e SUVA 254 nm apresentaram correlação negativa com razão 250/365 ($r = -0,7783$, $p < 0,001$), o que pode indicar o aumento da aromaticidade dos compostos orgânicos.

A caracterização dos cinco pontos amostrais quanto à composição estrutural do carbono orgânico dissolvido foi realizada por meio da avaliação espectral na região do ultravioleta e visível. A absorbância no comprimento de onda $\lambda \approx 254$ nm está bastante relacionada com a presença de COD, fato confirmado pela correlação positiva de UV em $\lambda = 254$ nm com COD ($r = 0,6707$, $p < 0,001$). A Tabela 5.3 e as Figuras 5.21 a 5.23 apresentam respectivamente, os valores encontrados para a UV em 254 nm e os espectros de absorção UV em 254 nm obtidos para cada ponto monitorado durante seis coletas.

Tabela 5.3 – Valores de absorbância $\lambda = 254$ nm segundo pontos e coletas.

Coleta	Pontos				
	1	2	3	4	5
C1 (12/11/2009)	0,1957	0,1798	0,1756	0,1695	0,1737
C2 (03/03/2010)	0,1454	0,1048	0,1256	0,1266	0,1301
C3 (07/04/2010)	0,1256	0,1154	0,1178	0,1175	0,1142
C4 (26/05/2010)	0,1032	0,0913	0,0929	0,0961	0,0965
C5 (24/08/2010)	0,1178	0,1169	0,1183	0,1118	0,1197
C6 (28/09/2010)	0,1593	0,1609	0,1577	0,1647	0,1602
Valor Médio	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13
Desvio Padrão	$\pm 0,03$	$\pm 0,03$	$\pm 0,03$	$\pm 0,03$	$\pm 0,03$

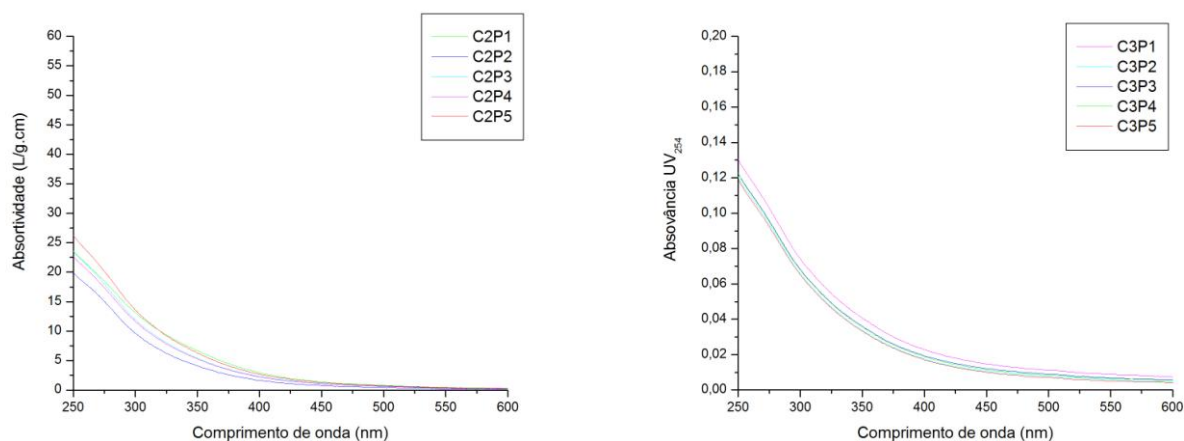


Figura 5.21 – Espectros de absorbância para as coletas 2 e 3.

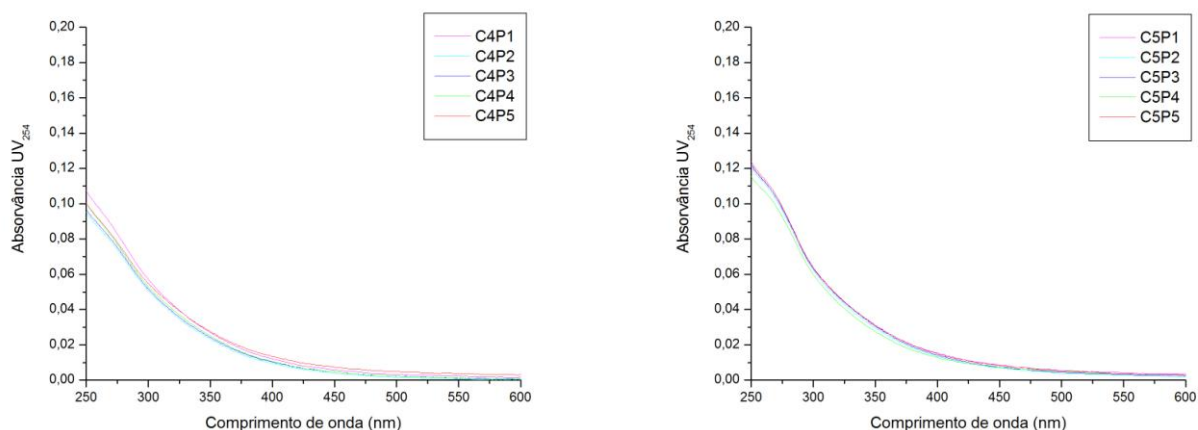


Figura 5.22 – Espectros de absorbância para as coletas 4 e 5.

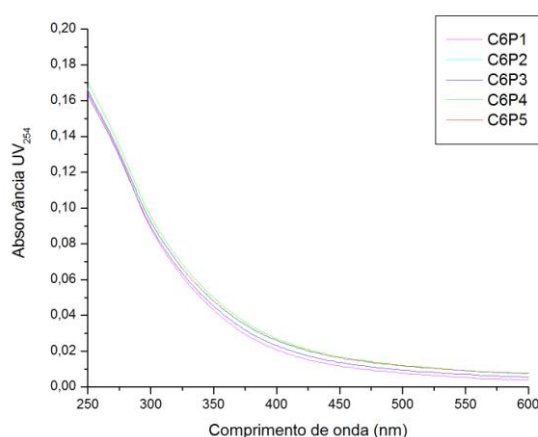


Figura 5.23 – Espectros de absorbância para a coleta 6.

Segundo a Tabela 5.1 e Figuras 5.21 a 5.23, houve variação sazonal dos constituintes orgânicos presentes entre as coletas, também variações entre os pontos especialmente na coleta 2. Ainda, foram realizadas as leituras de absorção para emissão no comprimento de onda de 254 nm, normalizados pela respectiva concentração de carbono orgânico dissolvido (mg/L) e pelo caminho ótico (m), que promovem a leitura da absortividade, SUVA. Segundo Villa (2005), a leitura da absortividade SUVA está bastante relacionada à presença de substâncias húmicas (compostos refratários). A Tabela 5.4 apresenta os valores de SUVA obtidos para os cinco pontos amostrais em seis coletas de monitoramento, e as Figuras 5.24 a 5.26 apresentam os mesmos dados de SUVA na forma de gráficos.

Tabela 5.4 – Valores de absortividade SUVA (L/g.cm), $\lambda=254$ nm segundo pontos e coletas.

Coleta	Pontos				
	1	2	3	4	5
C1 (12/11/2009)	25,29	22,75	25,82	22,68	26,51
C2 (03/03/2010)	22,72	19,06	22,62	21,80	25,19
C3 (07/04/2010)	41,42	38,99	43,96	41,01	39,03
C4 (26/05/2010)	13,16	23,14	31,37	29,61	37,87
C5 (24/08/2010)	40,59	41,69	45,83	22,65	35,23
C6 (28/09/2010)	49,49	25,20	23,45	37,59	35,61
Valor Médio	33,1	28,5	32,2	29,2	33,2
Desvio Padrão	±13,8	±9,4	±10,3	±8,4	±5,9

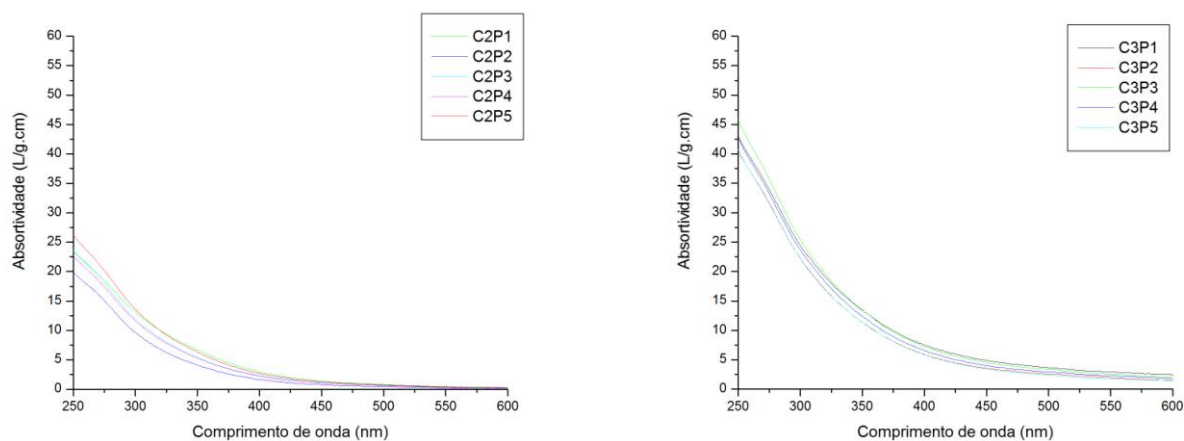


Figura 5.24 – Espectros de absortividade para as coletas 2 e 3.

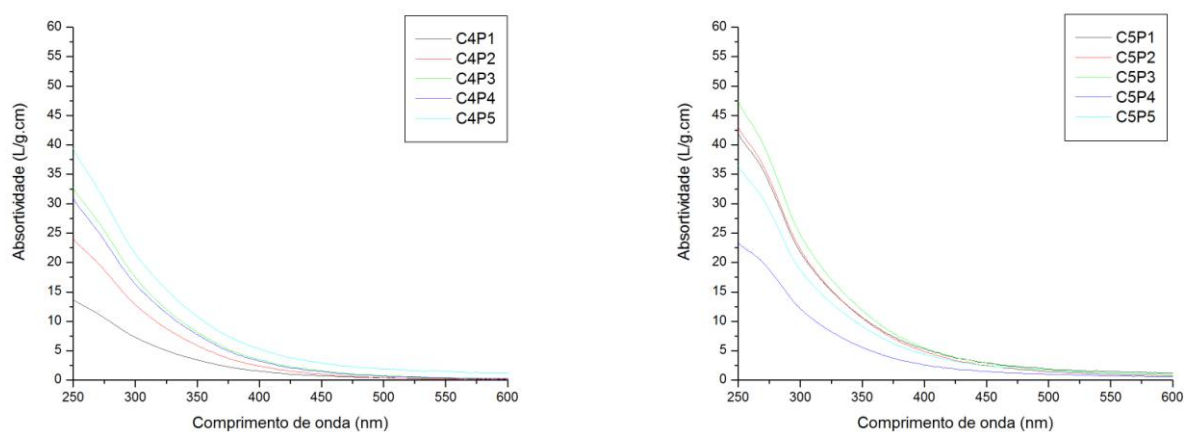


Figura 5.25 – Espectros de absortividade para as coletas 4 e 5.

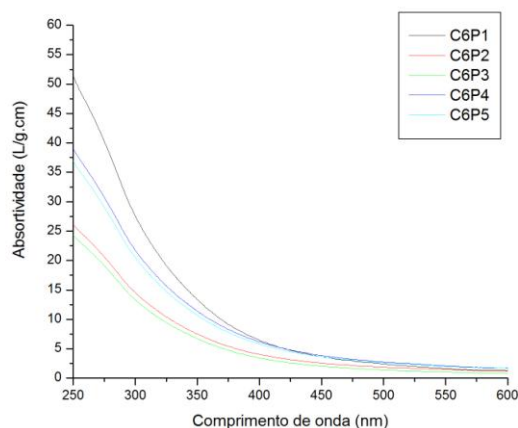


Figura 5.26 – Espectros de absorvância para a coleta 6.

Valores de absorvância SUVA próximos de 12 L/g.cm estão relacionados a presença de matéria orgânica autóctone, ou efluentes domésticos e/ou industriais. E valores próximos a 44 L/g.cm, são característicos de presença de ácidos fúlvicos (WESTERHOFF, ANNING; 2000). Neste contexto, a avaliação dos resultados expostos na Tabela 5.4 e nas Figuras 5.24 a 5.26, permite dizer segundo os autores que houve predomínio de matéria orgânica autóctone de origem natural ou de efluentes domésticos e/ou industriais:

- (i) todos os pontos referentes as coletas 1 e 2;
- (ii) pontos 1 e 2 referentes a coleta 4;
- (iii) ponto 4 referente a coleta 5, e
- (iv) pontos 2 e 3 referentes a coleta 6.

Para os demais pontos e respectivas coletas, houve predomínio de matéria orgânica de origem alóctone, ácidos fúlvicos. Em termos de valor médio de absorvância para cada ponto, constata-se a dominância de matéria orgânica de origem alóctone, ácidos fúlvicos, nos pontos 1, 3, 4 e 5. Entretanto definir com veracidade a origem da matéria orgânica no sistema trata-se de um trabalho complexo, pois a matéria orgânica tanto pode ser proveniente de fonte alóctone, quanto pode ser de fonte antrópica, uma vez que compostos de efluentes domésticos e/ou industriais não absorvem na região ultravioleta ou absorvem pouco nesta região quando comparados com a absorvância das substâncias húmicas.

Para a caracterização do grau de aromaticidade da matéria orgânica, comumente adota-se a absorvância em $\lambda = 285 \text{ nm}$ (A285/COD), a qual será tanto maior quanto maior o número de anéis benzênicos compondo o material estudado. A leitura de absorvância em 285 nm normalizada pelo

respectivo valor de carbono, razão A285/COD, foi realizada, e Tabela 5.5 apresenta os valores adquiridos para cada ponto no período monitorado.

Tabela 5.5 – Valores de razão A285/COD (L/g.cm) segundo pontos e coletas.

Coleta	Pontos				
	1	2	3	4	5
C1 (12/11/2009)	21,09	18,52	21,07	18,69	21,61
C2 (03/03/2010)	17,44	13,91	16,75	16,22	18,84
C3 (07/04/2010)	32,03	29,70	33,62	31,27	29,67
C4 (26/05/2010)	9,92	17,54	23,78	22,18	28,69
C5 (24/08/2010)	31,08	31,81	35,10	17,46	26,84
C6 (28/09/2010)	37,81	19,39	17,99	28,96	27,38
Valor Médio	24,9	21,8	24,7	22,5	25,5
Desvio Padrão	±10,5	±7,2	±7,9	±6,3	±4,3

Segundo Rostan e Callot (1995), valores de razão A285/COD próximos a 20 L/g são característicos de presença de matéria orgânica alóctone, ácidos fúlvicos. Enquanto, valores menores que 10 L/g, indicam predomínio de matéria orgânica lábil, alifática. Assim, com base nos autores, a avaliação dos dados da Tabela 5.5 acima, sugere presença de matéria orgânica lábil, carbono alifático.

A análise de fluorescência foi realizada para emissão nos comprimento de onda de 450 – 500 nm, e excitação em 314 nm e 370 nm, sendo a intensidade de fluorescência no comprimento de onda de emissão de 450 nm, um indicativo da presença de compostos aromáticos (MOR). Ainda, foi realizada varredura dos espectros sincronizados com variação de 18 nm. De acordo com Frimmel (1998), espectros de fluorescência com excitação em 314 nm, fornecem um parecer quanto à origem da matéria orgânica no comprimento de onda igual a 450 nm. Para o autor, a presença de um pico no espectro em $\lambda=450$ nm é proporcional a concentração de substâncias húmicas naturais.

De acordo com Westerhoff e Anning (2000), o comprimento de onda do pico do espectro (PW) com excitação em 370 nm fornece um indicativo da fonte de matéria orgânica, sendo fonte autóctone para $PW < 450$ nm, e alóctone para $PW > 450$ nm. Adicionalmente, a varredura dos espectros de emissão em 450 – 500 nm com excitação em 370 nm apresentam um indicativo de presença de matéria orgânica de origem alóctone. Para valores de FR superiores a 1,8, e alóctone/compostos húmicos para valores de FR inferiores a 1,5, em que $FR=\lambda 450/\lambda 500$. A Tabela 5.6 contém valores de razão FR para os pontos monitorados.

Tabela 5.6 – Razão FR de fluorescência emitida em 450 nm e 500 nm (excitação $\lambda=370$ nm).

Coleta	Pontos				
	1	2	3	4	5
C1 (12/11/2009)	1,85	1,88	1,65	1,71	1,92
C2 (03/03/2010)	1,84	1,90	1,64	1,70	1,89
C3 (07/04/2010)	1,80	1,84	1,93	1,95	1,96
C5 (24/08/2010)	2,20	2,40	1,98	2,39	2,14
C6 (28/09/2010)	1,91	1,90	1,83	1,82	1,92
Valor Médio	1,92	1,98	1,81	1,91	1,97
Desvio Padrão	0,16	0,23	0,16	0,28	0,10

A análise dos resultados expostos na Tabela 5.6 permite afirmar que houve predomínio de matéria orgânica de fonte autóctone ou alóctone, como esgotos. As Figuras 5.27 a 5.31 apresentam para cada ponto amostrado no decorrer de seis coletas, os espectros de emissão de fluorescência com excitação em 314 e 370 nm. E pela análise de tais Figuras (5.27 a 5.31) para os espectros de excitação em 370 nm, pode-se definir a matéria orgânica como sendo predominantemente de fonte autóctone, segundo valores de pico do espectro, PW. Quanto aos espectros de fluorescência com excitação em 314 nm, todos os pontos apresentaram respectivos picos no espectro antecedentes ao comprimento de onda de 450 nm. Logo, não pode-se afirmar, segundo estudos de Frimmel (1998), que a matéria orgânica constituída por substâncias húmicas naturais.

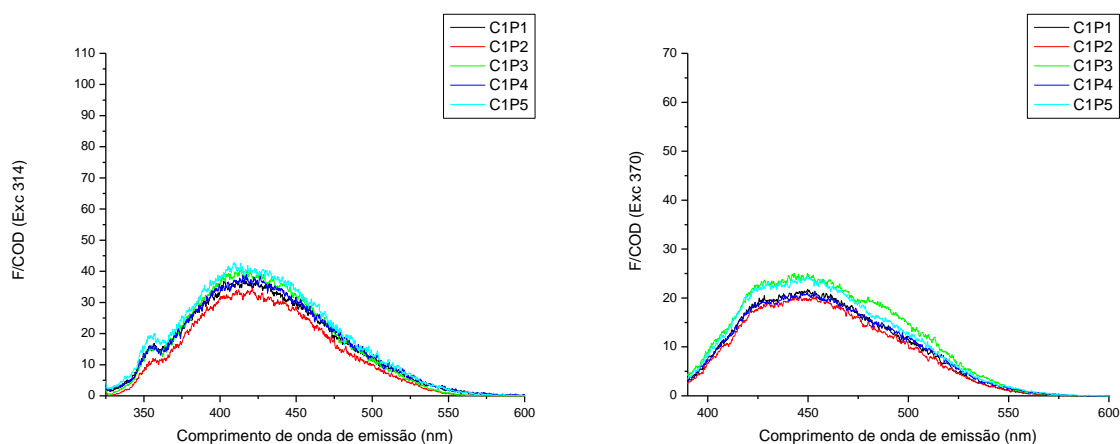


Figura 5.27 – Espectros de fluorescência, 314 e 370 nm de excitação, coleta 1.

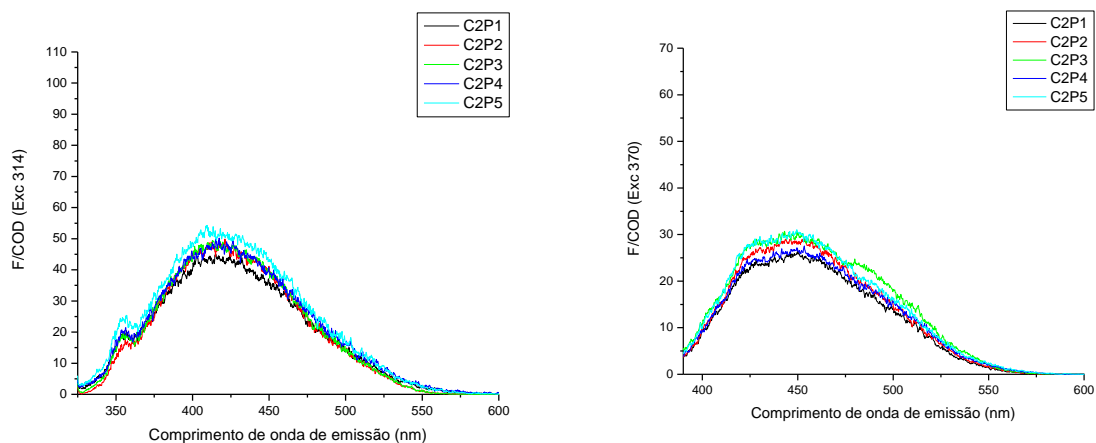


Figura 5.28 – Espectros de fluorescência, 314 e 370 nm de excitação, coleta 2.

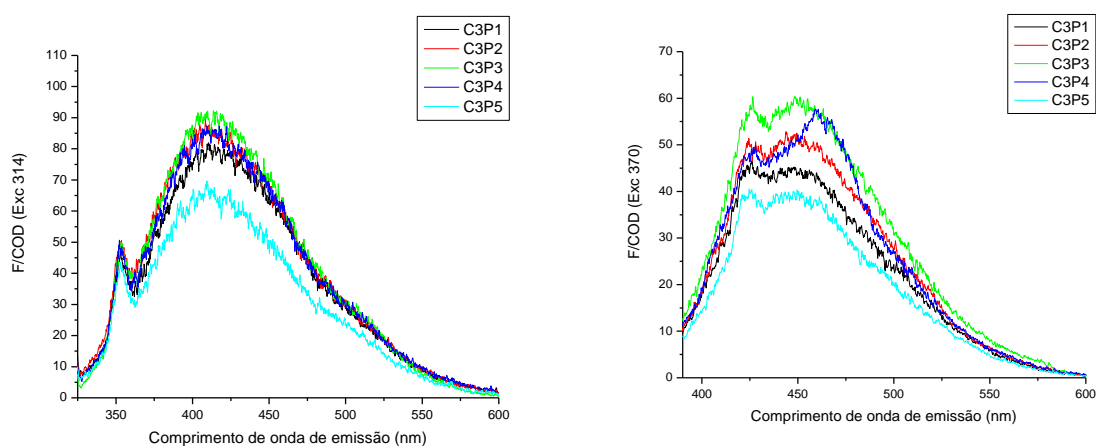


Figura 5.29 – Espectros de fluorescência, 314 e 370 nm de excitação, coleta 3.

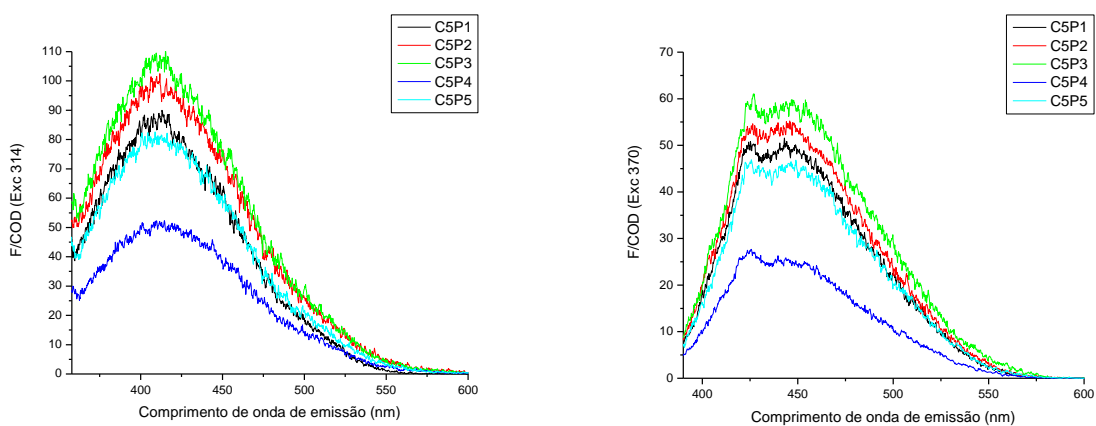


Figura 5.30 – Espectros de fluorescência, 314 e 370 nm de excitação, coleta 5.

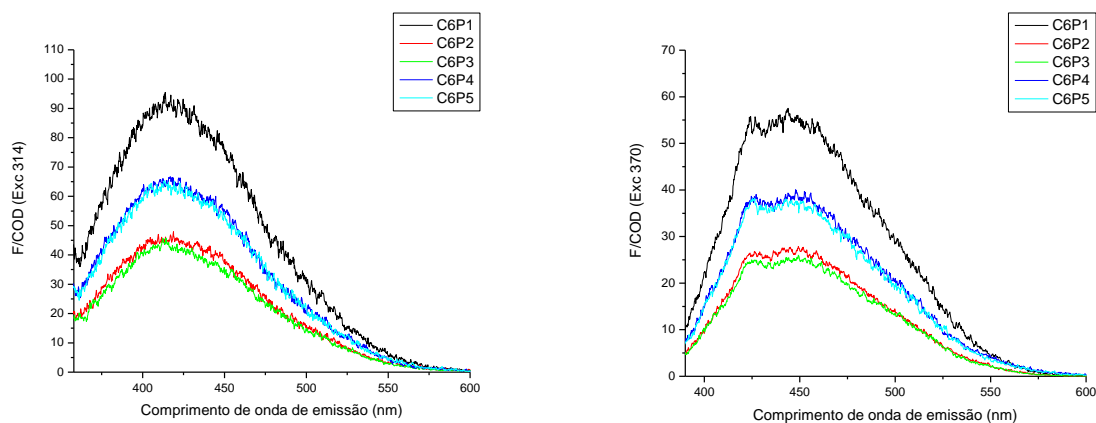
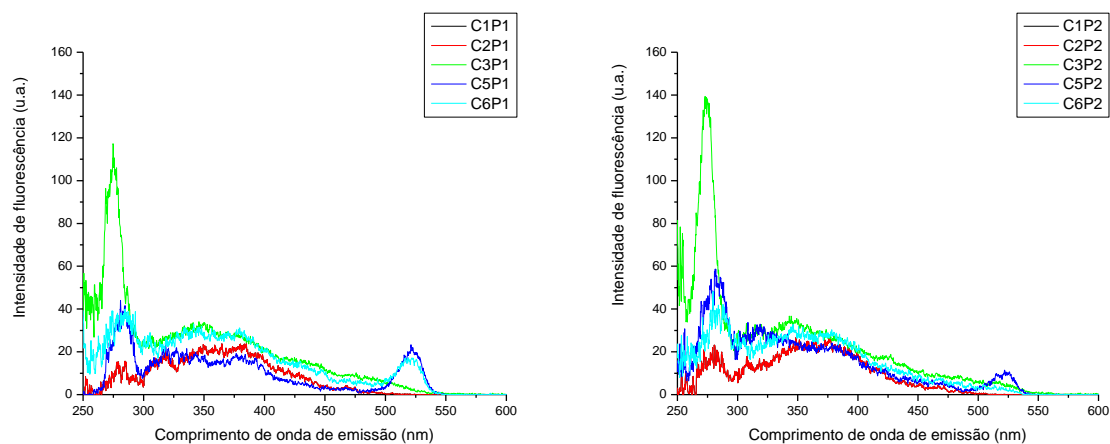
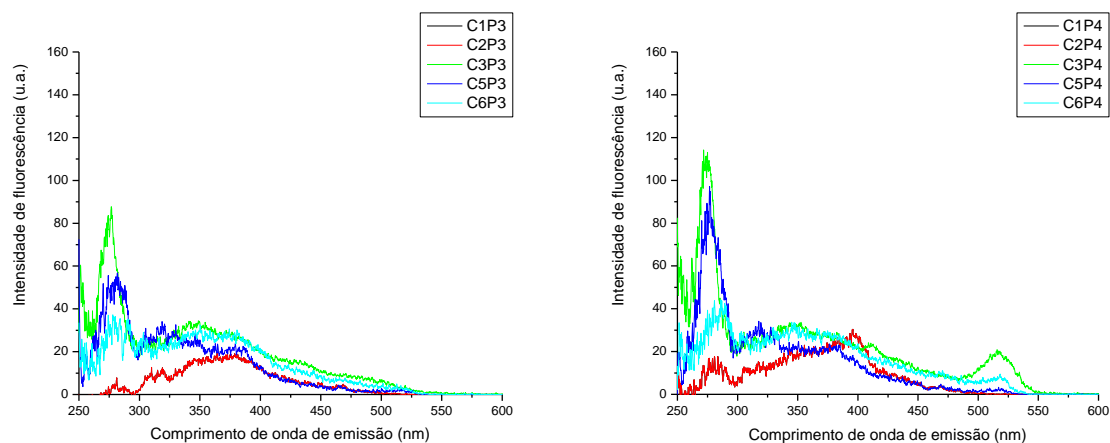


Figura 5.31 – Espectros de fluorescência, 314 e 370 nm de excitação, coleta 6.

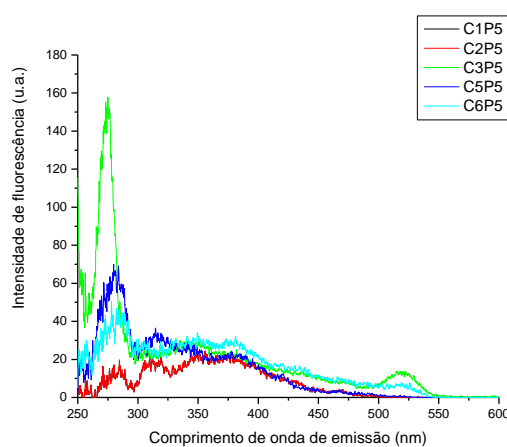
As Figuras 5.32 a 5.34 apresentam os espectros de fluorescência sincronizados para cada ponto monitorado. Neste contexto, todos os pontos monitorados nas seis coletas apresentaram pico no comprimento de onda referido, destaque especial aos picos resultantes da coleta 3, que se sobressaíram aos das demais coletas, logo, é possível que a matéria orgânica seja proveniente de despejos domésticos. Segundo Peuravuori, *et al.* (2002), picos de intensidade de fluorescência situados entre os comprimentos de onda de 270 – 310 nm são indicativos de presença de compostos protéicos ou esgotos domésticos.



5.32 – Espectros sincronizados de fluorescência, pontos 1 e 2.

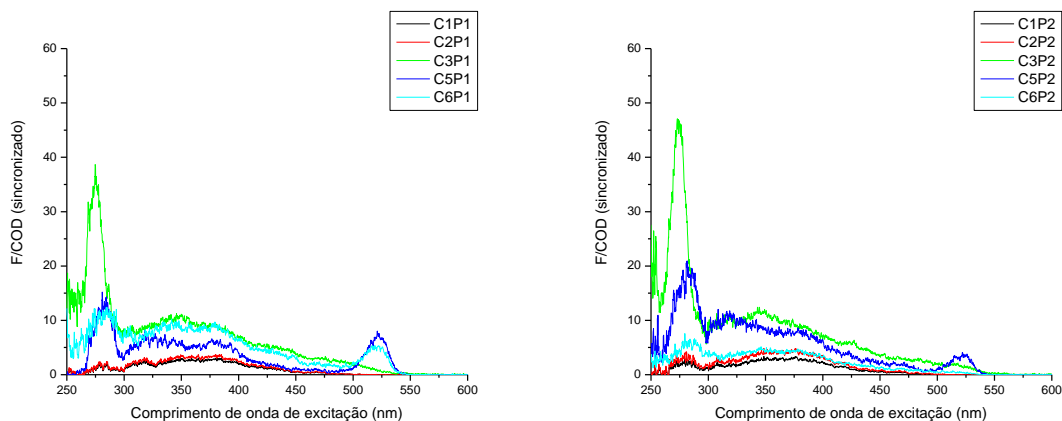


5.33 – Espectros sincronizados de fluorescência, pontos 3 e 4.

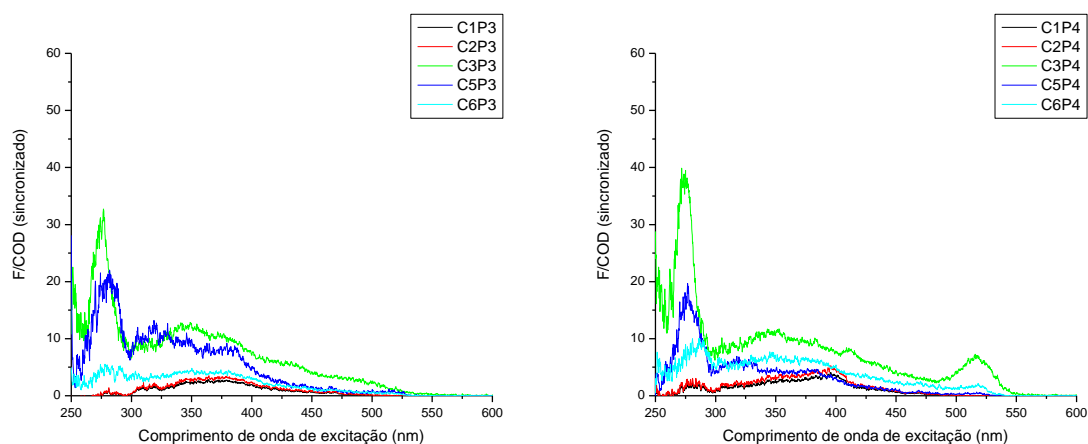


5.34 – Espectros sincronizados de fluorescência, ponto 5.

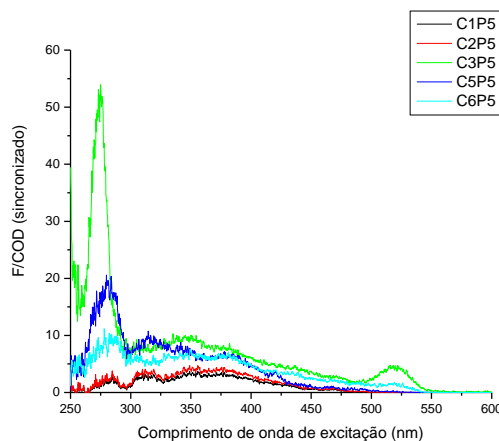
A análise de espectros sincronizados de intensidade de fluorescência normalizados pelo COD, também promovem um indicativo da constituição orgânica de compostos. De acordo com Peauvuori *et al.* (2002), picos entre os comprimentos de onda de 450 – 500 nm sugerem presença de ácidos fúlvicos, enquanto picos em comprimento de onda superiores a 500 nm, sugerem presença de compostos húmicos. Por meio das Figuras 5.35 a 5.37 pode-se observar os espectros de fluorescência normalizados pelo COD.



5.35 – Espectros sincronizados normalizados pelo COD, pontos 1 e 2.



5.36 – Espectros sincronizados normalizados pelo COD, pontos 3 e 4.



5.37 – Espectros sincronizados normalizados pelo COD, ponto 5.

Na análise das Figuras 5.35 a 5.37, observa-se a formação de picos em comprimentos de onda superiores a 500 nm e conseqüente presença de substâncias húmicas, para o (i) ponto 1 nas coletas 5 e 6, (ii) ponto 2 na coleta 5, (iii) ponto 4 na coleta 3, e (iv) ponto 5 na coleta 3.

5.13 SEDIMENTO

As análises de sedimento envolveram a mensuração de carbono orgânico total, nitrogênio total e fósforo total. Os resultados para tais parâmetros, assim como as razões molares, estão dispostos na Tabela 5.7 abaixo.

Tabela 5.7 – Concentrações e razões molares de carbono orgânico, nitrogênio e fósforo no sedimento.

Amostra	Coleta	COT ($\mu\text{mol/g}$)	NT ($\mu\text{mol/g}$)	PT ($\mu\text{mol/g}$)	COT/NT (molar)	COT/PT (molar)	NT/PT (molar)
C1-ME	1	4315,32	62,38	31,62	69,18	136,47	1,97
C1-MD	1	3217,73	100,73	17,14	31,94	187,73	5,88
C2-MDE	2	3202,26	65,35	32,80	49,00	97,63	1,99
C2-ME	2	2820,26	102,95	27,17	27,39	103,80	3,79
C4-ME	4	4831,92	104,46	27,98	46,26	172,73	3,73
C6-MD	6	4644,88	96,88	34,62	47,94	134,17	2,80
C6-ME	6	5174,39	113,65	32,72	45,53	158,14	3,47

Observação: ME, margem esquerda; MD, margem direita; MDE, margem direita e esquerda; COT, carbono orgânico total; NT, nitrogênio total; PT, fósforo total.

Por meio da Tabela 5.7 pode-se constatar que todas as amostras apresentaram elevados valores de carbono orgânico, destaque a amostra C6-ME referente à margem esquerda da coleta 6, a qual apresentou maior valor, 5174,39 $\mu\text{mol/g}$. Estes elevados valores de COT determinados no sedimento, sugerem a maior predisposição do sedimento em adsorver um maior número de compostos hidrofóbicos. Adicionalmente, este aporte de carbono orgânico, pode estar relacionado a despejos domésticos.

Os resultados de nitrogênio total variaram entre 62,38 $\mu\text{mol/g}$ e 113,65 $\mu\text{mol/g}$, sendo este maior valor encontrado na margem esquerda da coleta 6, amostra C6-ME, mesma amostragem para a qual foi encontrada maior concentração de COT. Já em termos de fósforo total, os resultados obtidos para o parâmetro foram próximos de ambientes naturais. Os pesquisadores Froehner (2008), determinaram elevadas concentrações de PT em estudo no rio Barigüi situado em Curitiba e região (Paraná – BR). Para os autores, a alta concentração de PT pode estar relacionada a efluentes domésticos, visto que no estudo em questão a concentração de fósforo em relação à concentração de carbono foi maior, considerando a matéria orgânica como $\text{C}_{106}\text{H}_{267}\text{O}_{110}\text{N}_{16}\text{P}$. Adicionalmente, Bem (2009), também encontrou elevados valores de PT em estudos no Lago Barigüi, sendo o maior valor mensurado pela autora de 84,7 $\mu\text{mol/g}$.

Quanto à razão COT/NT, Ruttenberg e Goñi (1997) sugerem valores entre 6,6 e 10. Entretanto, por esta pesquisa foram encontrados altos valores, com razão molar mínimo de 27,39 e máximo de 69,18. No que compete às razões molares, a Tabela 5.8 contém informações quanto à possível procedência do material.

Tabela 5.8 – Procedência do sedimento segundo a razão molar.

Razão	Faixa ou valor	Característico
COT/PT	6,6	Fitoplâncton
COT/NT	10 – 100	Plantas terrestres
COT/NT	100 - 1000	Madeira
NT/PT	16	Ambiente natural

Fonte: Adaptado de Ruttenberg e Goñi (1997).

Assim, de acordo com a Tabela 5.8 e diante dos resultados expostos na Tabela 5.7, podemos constatar que pelos elevados valores determinados para razão de COT/PT, o sedimento analisado não é originário do fitoplâncton, e pelos valores de COT/NT, sugere-se forte presença de material oriundo de plantas terrestres. Quanto à razão NT/PT, constata-se considerável aporte de fósforo em relação ao de nitrogênio. Froehner (2008), também obtiveram resultados semelhantes para a razão NT/PT, com valor máximo de 3,5 e mínimo de 1,2.

5.14 SÍNTESE DO CAPÍTULO

Os resultados de condutividade, turbidez, temperatura e potencial hidrogeniônico apresentaram-se, em geral, bastante homogêneas ao longo da seção transversal e no decorrer do período monitorado. Os valores de OD, mensurados pelos métodos direto por sensor e titulométrico, não apresentaram diferenças significativas entre os pontos, coletas ou mesmo entre as metodologias. Quanto a quantificação de matéria orgânica pelos métodos DBO titulométrica e manométrica, pode-se constatar que não houve diferença significativa entre as metodologias, entretanto, a dispersão entre os valores de DBO manométrica foi menor que a obtida pela DBO titulométrica. Ainda, houve diferenças significativas entre as coletas.

De forma semelhante aos resultados obtidos com a DBO, não houve diferenças significativas entre os métodos de DQO titulométrico e colorimétrico, ou entre os pontos, entretanto, houve diferença entre as coletas. A análise de COD permitiu afirmar que não houve diferenças entre os pontos, mas sim entre coletas.

Em termos de nutrientes, todas as frações de nitrogênio estudadas apresentaram considerável dispersão entre os pontos para cada coleta, ao ponto haver grandes diferenças entre coletas. Contudo, entre os pontos, não houve diferenças. Quanto aos ensaios de fósforo, pelo teste ANOVA constatou-se que os resultados são iguais em termos de pontos amostrados e coletas.

Pelos resultados de sólidos, não foram constatadas diferenças entre os pontos de monitoramento, contudo entre coletas, observou-se a disparidade os resultados da coleta 6 para com as demais coletas.

De acordo com os ensaios de absorbância SUVA-254, a principal origem da matéria orgânica é alóctone, com presença de ácidos fúlvicos. Contudo, os resultados provenientes dos espectros em 285nm normatizados pelo COD (A285/COD), sugeriram matéria orgânica lábil e carbono alifático. Com base nas informações apresentadas anteriormente, acrescenta-se a correlação positiva de Pearson determinada entre as duas variáveis, SUVA-254 e A285/COD.

Tanto os resultados de razão FR quanto os de pico PW, apresentaram um indicativo de matéria orgânica de origem autóctone. Enquanto os espectros de fluorescência com excitação em 314 nm e os sincronizados normatizados pelo carbono, indicaram presença de substâncias húmicas. Adicionalmente, pela análise dos espectros sincronizados, observa-se influência de constituintes protéicos ou mesmo esgotos domésticos.

Quanto aos resultados de sedimento, todas as amostras apresentaram elevados valores de carbono orgânico, ainda mais quando comparadas aos respectivos valores de nitrogênio total e fósforo total. Em geral, a razão COT/PT não foi característica de fitoplâncton, e pelos valores de COT/NT, sugere-se forte presença de material oriundo de plantas terrestres. Além de considerável aporte de fósforo em relação ao de nitrogênio, sugerido pela razão NT/PT.

Capítulo 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 CONCLUSÕES

O estudo ao longo da seção transversal do rio Iguaçu permitiu concluir quanto a variabilidade dos parâmetros usuais de qualidade da água de condutividade, turbidez, potencial hidrogeniônico e oxigênio dissolvido, os quais não apresentaram diferenças significativas ao longo do comprimento da seção no período monitorado. O mesmo pôde ser afirmado, quanto aos parâmetros de mensuração de teor de matéria orgânica, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio e carbono orgânico dissolvido. E também, para os parâmetros de determinação de nutrientes, nitrogênio total e amoniacal, nitrito e nitrato, fósforo total e reativo, e para série de sólidos. Importante salientar que as concentrações ou cargas estimadas para cada ponto de estudo, não apresentaram um padrão definido durante as seis coletas de monitoramento, ou seja, não foi possível afirmar que os pontos situados na margem, P1 e P5, apresentaram menores valores de carga comparados aos demais pontos, ou vice e versa. Isso descarta, para este estudo de caso, o suposto grau de subjetividade decorrente das técnicas de amostragem efetuadas em desconformidade com a NBR 9.878 (a qual sugere amostragem no meio da seção e a meia profundidade).

Na avaliação da carga orgânica por distintas metodologias segundo pontos monitorados, foi possível concluir que não houve diferenças significativas entre os métodos de DBO titulométrica e DBO manométrica, assim como não houve entre DQO titulométrica e DQO colorimétrica. Contudo, na avaliação dos resultados da seção transversal segundo coletas, os métodos de DBO titulométrico e manométrico produziram resultados diferentes nas coletas 1 e 3. Já Da mesma forma, a mensuração de oxigênio dissolvido realizada por mais de um método, OD direto por sensor e OD titulométrico, não apresentou diferenças entre as metodologias testadas segundo pontos, mas apresentou segunda a coleta 3.

Em termos de quantificação de conteúdo orgânico de recursos hídricos, ressalta-se as vantagens na adoção do método de mensuração do carbono orgânico dissolvido (COD) que incluem sua praticidade quanto ao volume de amostra, reagentes, tempo de análise, etc. Vantagens plausíveis se comparadas as dos métodos “similares” de DBO e DQO. Ainda, as variações dos

respectivos resultados de COD, DBO e DQO, assim como a ausência ou presença de fraca correlação entre tais, é admissível dado que cada parâmetro têm por objetivo “estimar” a fração orgânica lábil somada ou diminuída devido ao princípio do método, seja mensuração do carbono na fração dissolvida, o potencial biodegradável ou por ação um forte oxidante.

As análises de espectroscopia na região do ultravioleta e visível e de espectroscopia de fluorescência forneceram informações interessantes quanto à origem da matéria orgânica presente na coluna d'água. De acordo com os ensaios de absorbância SUVA-254, a principal origem da matéria orgânica é alóctone, com presença de ácidos fúlvicos. Contudo, os resultados provenientes dos espectros em 285nm normatizados pelo COD (A_{285}/COD), sugeriram matéria orgânica lábil e carbono alifático. Já a avaliação dos espectros sincronizados, permite afirmar o predomínio de substâncias húmicas. Contudo, ressalta-se que o objeto de estudo corresponde à uma bacia bastante urbanizada (bacia do Alto Iguaçu), sob influência de cargas orgânicas domésticas (esgoto) advindos principalmente das sub bacias dos rios Palmital, Belém e Barigui

O estudo do sedimento depositado no leito de fundo da seção em questão permite concluir quanto aos resultados que todas as amostras apresentaram elevados valores de carbono orgânico, ainda mais quando comparadas aos respectivos valores de nitrogênio total e fósforo total. Em geral, pelos valores de COT/NT, sugere-se forte presença de material oriundo de plantas terrestres. Além de considerável aporte de fósforo em relação ao de nitrogênio, sugerido pela razão NT/PT. Contudo, salienta-se que as concentrações de fósforo total são próximas às de ambiente natural.

Quanto aos resultados estatísticos, como mencionado anteriormente, não foram constatadas diferenças entre os pontos ao longo da seção para nenhum parâmetro estudado, assim como não houve diferenças entre os parâmetros mensurados por mais de um método. Contudo houve divergências entre as coletas para um mesmo parâmetro de estudo. O que pode ser considerado um fenômeno normal, considerando todas as peculiaridades da bacia hidrográfica sob estado variável, regime de chuvas, drenagem de influência, e ainda, ações antrópicas.

De modo geral, baseado nos resultados obtidos por este trabalho, pode-se afirmar a pouca interferência na gestão de recursos hídricos devido à adoção de técnicas de amostragem em rios, quanto a sua localização em margem ou centro do rio. Quanto à veracidade e/ou confiabilidade em metodologias de quantificação de matéria orgânica, foram constatadas variações consideráveis, principalmente, no referentes aos métodos de demanda bioquímica de oxigênio.

6.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros, recomenda-se a aplicação do estudo em uma seção de rio de comprimento transversal mais extenso para atestar o comportamento dos parâmetros de qualidade da água em uma área maior, com mais pontos amostrais se for o caso. Também sugere-se a adoção de um tempo de amostragem maior, ou seja, com mais coletas de campo. E por fim, recomenda-se a adoção do monitoramento em duas seções transversais do mesmo rio, a fim de definir um volume controle que permita estudar a dinâmica de constituintes orgânicos neste intervalo.

Capítulo 7

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9.897/Junho de 1987 (a) – Planejamento de Amostragem de Efluentes Líquidos e Corpos Receptores.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9.898/Junho de 1987 (b) – Preservação e Técnicas de Amostragem de Efluentes Líquidos e Corpos Receptores.

ANDERSEN, J. M. An ignition method for determination of total phosphorus in lake sediments. *Water Research*, Vol.10, pp. 329-331, 1976.

ANA – Agência Nacional de Águas. Evolução da organização e implementação da gestão de bacias no Brasil. 2002.

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20th. ed. Washington, DC: APHA, 1998.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12614/Maio de 1992 - Águas – Determinação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) – Método de incubação (20°C, cinco dias).

BEM, C. C. Determinação do estado de eutrofização de um lago raso: estudo de caso do Lago Barigüi - Curitiba. Curitiba, 2009. 126p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) - Universidade Federal do Paraná.

BARROS, V. G.; REFOSCO, J. C.; PINHEIRO, A.; PINHEIRO, I. G. Monitoramento da qualidade da água em rios através do uso do sensoriamento remoto. In: IX SILUBESA – Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L. De; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. Introdução à engenharia ambiental. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

BOYACIOGLU , H.; BOYACIOGLU, H. Surface water quality assessment by environmetric methods. *Environ Monit Asses* . 131:371–376 DOI 10.1007/s10661-006-9482-4, 2007.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que

modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Relator: Fernando Henrique Cardoso. **Diário Oficial da União**, Brasília, 8 de janeiro de 1997.

BUFFLE, J.; ZALIO, O.; ZUMSTEIN, J.; VITRE, R. Analytical methods for the direct determination of inorganic and organic species: seasonal changes of iron, sulfur, and pedogenic and aquogenic organic constituents in the eutrophic lake Bret, Switzerland. *The Science of the Total Environment*, 64 - 41-59. (1987)

CONAMA. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Relator: Marina Silva. **Diário Oficial da União**, Brasília, 18 de março de 2005.

COTTON, J.A.; WHARTON, G.; BASS, J.A.B.; HEPPELL, C.M.; WOTTON, R.S. The effects of seasonal changes to in-stream vegetation cover on patterns of flow and accumulation of sediment. *Geomorphology* 77 - 320-334. 2006.

EI-REHAILI, A. M. Response of BOD, COD and TOC of secondary effluents to chlorination. *Water Research*. Vol. 29, Nº. 6, p. 1571-1577, 1995.

FÖRSTNER, U. Traceability of sediment analysis. *Trends in Analytical Chemistry*, vol. 23, n. 3, 2004.

FRANÇA, M. S. Análise estatística multivariada dos dados de monitoramento de qualidade da água da Bacia do Alto Iguaçu: uma ferramenta para a gestão de recursos hídricos. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, 2009.

FRIMMEL, F. H. Characterization of natural organic matter as major constituents in aquatic systems. *Journal of Contaminant Hydrology*, v.35, p. 201-216, 1998.

FROEHNER, S.; MARTINS, R. F. Avaliação da composição química de sedimentos do rio Barigüi na região metropolitana de Curitiba. *Química Nova*, vol.31, n. 8, p. 2020-2026, 2009.

HERTKORN, N.; CLAUS, H.; SCHMITT – KOPPLIN, P. H.; PERDUE, E. M.; FILIP, Z., Utilization and transformation of the humic substances by autochthonous microorganisms. *Environmental Science Technology*. 36 (20), 4334 – 4345, 2002.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 05/06/2008. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1156&id_pagina=1> . Acesso em: 11/09/2008.

JINGSHENG, C.; TAO, Y.; ONGLEY, E. Influence of high levels of total suspended solids on measurement of COD and BOD in the Yellow River, China. *Environmental Monitoring and Assessment* 116: 321-334. 2006.

KAMIYAMA, H. A complexidade do DBO. *DAE*. Vol. 48, nº 152. Jul – Set, 1988.

KNAPIK, H. G. Reflexões sobre monitoramento, modelagem e calibração na gestão de recursos hídricos: estudo de caso da qualidade da água da Bacia do Alto Iguaçu. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, 2009.

KIELY, G. **Environmental engineering**. Irwin McGraw – Hill, USA, 1996.

LOMBARDI, A. T. **Caracterização fluorimétrica da matéria orgânica de origem natural e sua complexação com íons cobre**. Campinas, 1995. 133p. Tese -Universidade Estadual de Campinas.

MACÊDO, J. A. B. de. **Introdução à química ambiental: química & meio ambiente & sociedade**. 2 ed. Minas Gerais: CRQ, 2006.

MANUAL TÉCNICO PARA COLETA DE AMOSTRAS DE ÁGUA, Florianópolis, 2009. Disponível em: http://www.mp.sc.gov.br/portal/site/conteudo/cao/cme/atividades/recursos_hidricos/manual_coleta_%C3%A1gua.pdf. Acesso em: 18/01/2010.

METCALF & EDDY, INC. Wastewater engineering. Treatment, Disposal and Reuse. 3 ed. McGraw-Hill, 1991.

MILORI, D. M. B. P.; MARTIN NETO, L.; BAYER, C. **Fluorescência induzida por laser para análise da matéria orgânica de solos intactos**. EMBRAPA, São Carlos: SP, 2002.

MURPHY, J.; RILEY, J. P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural water. *Anal. Chim. Acta*, Vol. 27, pp. 31-36, 1962.

NEWCOMBE, G. et al. Influence of characterized natural organic material on activated carbon adsorption: I characterization of concentrated reservoir water. *Water Research*. V. 31, n.5, p. 965 – 972, 1997.

NUVOLARI, A.; TALLES, D. de A.; RIBEIRO, J. T.; MIYASHITA, N. J.; RODRIGUES, R. B.; ARAUJO, R. de. **Esgoto sanitário, coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. São Paulo: Editora Blücher LTDA, 2003.

OLIVEIRA, E. S.; SILVA, M. M.; FREITAS, M. R.; ALLELUIA, I. B.; BARRETO, A. C.; AVELAR, A. Monitoramento e avaliação do impacto ambiental Decorrente de atividades agrícolas no domínio da mata Atlântica. Disponível em: www.dm.ufscar.br/profs/blumen/abstracts/Resumo%20INT.pdf. Acesso em: 20/11/2010.

OLMSTEAD, S. M. The economics of water quality. *Review of Environmental Economics and Policy*. Vol.4, p. 44-62, 2010.

Organização Mundial da Saúde – OMS (2007). Disponível em: < **Erro! A referência de hyperlink não é válida.**>. Acesso em: 04/04/2010.

PEURAVUORI, J.; KOIVIKKO, R.; PIHLAJA, K. Characterization, differentiation and classification of aquatic humic matter separated with different sorbents: synchronous scanning fluorescence spectroscopy. *Water Research*. V. 36, p. 4552 – 4562, 2002.

PORTO, M. F. *et al.*. Bacias Críticas: Bases Técnicas para a definição de Metas Progressivas para seu Enquadramento e a Integração com os demais Instrumentos de Gestão. Curitiba: UFPR – Departamento de Hidráulica e Saneamento, 2007. (FINEP/ CT-HIDRO). Projeto concluído.

REIS, A.; PARKER, A.; ALENCOÃO, A. Avaliação da qualidade de sedimentos em rios de montanha: um caso de estudo no norte de Portugal. *Recursos Hídricos – Associação portuguesa dos Recursos Hídricos*. Vol. 31, 2001.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. **Introdução à química ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2004.

ROSÁRIO-ORTIZ, F. L.; SNYDER, S. A.; SUFFET, I. H. Characterization of dissolved organic matter in drinking water sources impacted by multiple tributaries. *Water Research*. 41: 4115 – 4128. 2007.

ROSTAN, J. C.; CELLOT, B.. On the use of UV spectroscopy to assess dissolved organic carbon origin variations in the upper Rhône River. *Aquatic Sciences*, v. 57, n. 1, p. 70-80, 1995.

RUTTENBERG, K. C.; GONI, M. A. Phosphorus distribution, C:N:P ratios, and $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ in arctic, temperate, and tropical coastal sediments: tools for characterizing bulk sedimentary organic matter. *Marine Geology*, vol.139, p. 123-145, 1997.

SAWYER, C. D.; McCARTY, P. L.; PARKIN, G. F. Chemistry for environmental engineering and science. United States of America: McGraw Hill, 2003.

SENESI, N. Molecular and quantitative aspects of the chemistry of fulvic acid and its interactions with metal ions Part II. The and organic chemicals fluorescence spectroscopy approach. *Analytica Chimica Acta*, vol. 232, p. 77-106, 1990.

SMART, M. M.; RADA, R. G.; DONNERMEYER, G. N. Determination of total nitrogen in sediments and plants using persulfate digestion. *Water Research*, Vol.17, pp. 1207-1211, 1983.

SPIEGEL, M. R. Probabilidade e estatística. Tradução: Alfredo Alves de Farias. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1978.

SUDERHSA- Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Figura disponível em: < www.suderhsa.pr.gov.br>. Acesso em: 21/11/ 2008.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. *Water for People, Water for Life: The United Nations World Water Development Report*. Barcelona: Berghahn Books, 2003.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. *Rates, constants, and kinetics formulations in surface water quality modeling*. Athens, Georgia: EPA, 1985.

VILLA, A.T. **Avaliação Ambiental de Qualidade da Água do Lago do Parque Barigüi: Potencial de Poluição Orgânica**. Curitiba, 2005. 200p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) - Universidade Federal do Paraná.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA. Belo Horizonte, 2005.

WEATHERBURN. Phenol-hypochlorite reaction for determination of ammonia. *Anal. Chem*, Vol. 8, pp. 130-132, 1962.

WEISHAAR, J. L.; AIKEN, G. R.; BERGAMASCHI, B. A.; FRAM, M. S.; FUJII, R.; MOPPER, K. Evaluation of specific ultraviolet absorbance as an indicator of the chemical composition and reactivity of dissolved organic matter. *Environmental Science Technology*. 37, 4702 – 4708. 2003.

WESTERHOFF, P.; ANNING, D. Concentrations and characteristics of organic carbon in surface water in Arizona: influence of urbanization. *Journal of Hydrology*. Vol236, p. 202-222, 2000.

Apêndice I

Curva Chave da Seção em Estudo

Revisão sobre Correlação Linear de Pearson (r), Análise de Variância (ANOVA) e
Teste de Tukey

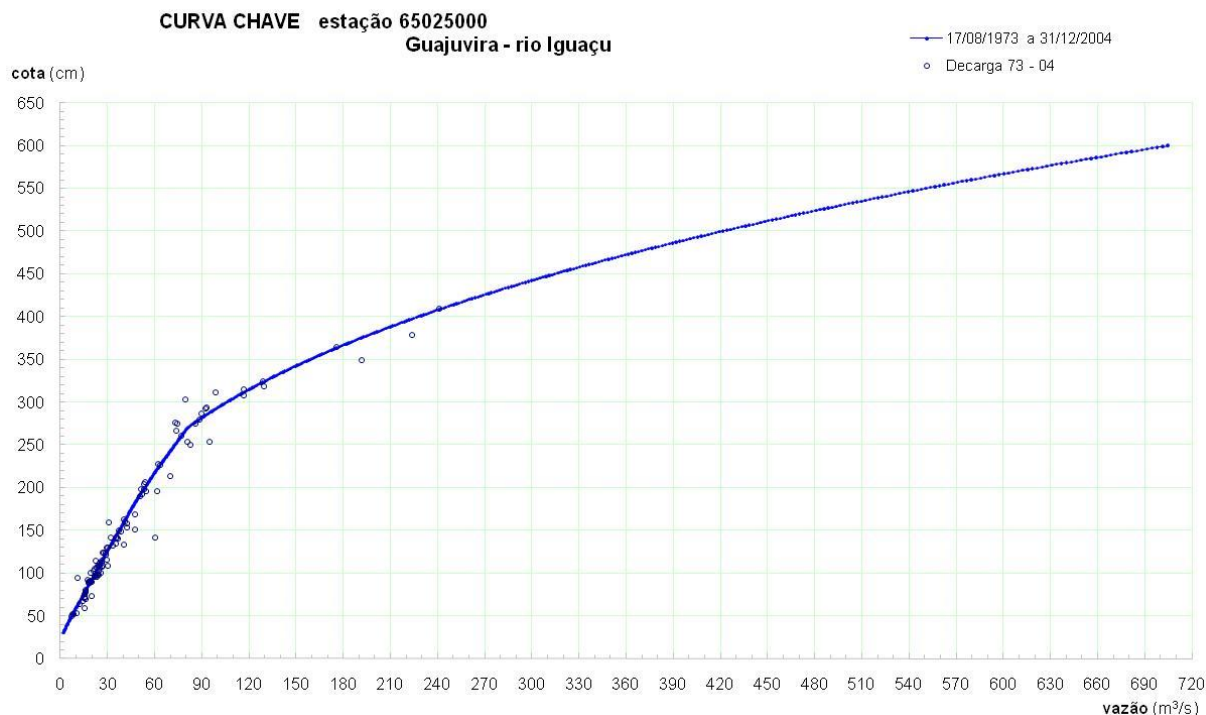


Figura AI.2 – Curva chave para estação Guajuvira, rio Iguaçu, S1.

a) Correlação Linear de Pearson (r) por Spiegel (1978)

Um indicador de força de uma relação linear entre duas variáveis intervalares é o Coeficiente do Produto de Momentos de Pearson, ou simplesmente Coeficiente de Pearson. Trata-se de uma medida de associação que independe das unidades de medidas das variáveis. Varia entre +1 e -1. Quanto maior a qualidade do ajuste ou associação linear, mais próximo estará de +1 ou -1 o valor do coeficiente r. O fato de duas variáveis aumentarem ou diminuírem juntas não implica que uma delas tenha efeito direto ou indireto sobre a outra.

Seja $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3) \dots (x_n, y_n)$ uma amostra aleatória das variáveis (X, Y) . O cálculo do coeficiente de correlação entre X e Y é dado por:

$$r_{xy} = r = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_{xx} S_{yy}}}$$

Em que;

$$S_{xy} = \sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{n} \quad S_{yy} = \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n}$$

$$\sum XY = \sum_{i=1}^n x_i y_i \quad S_{xx} = \sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}$$

b) Análise de Variância (ANOVA) por Spiegel (1978)

Trata-se de um teste desenvolvido por Fisher, que por meio de teste de igualdade de médias, verifica se fatores (variáveis independentes) produzem mudanças sistemáticas em alguma variável de interesse (variável dependente). Os fatores propostos podem ser variáveis quantitativas ou qualitativas, enquanto a variável dependente deve ser quantitativa e observada dentro de uma classe de fatores – os tratamentos.

Modelo de classificação única ou experimento com um fator

Trata-se de um modelo aplicado a projetos experimentais completamente aleatórios, em que amostras aleatórias independentes são retiradas de k populações normais ($k > 2$) com médias $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_k$, respectivamente, e variância σ^2 . Por conseguinte, todas as populações são supostas com variâncias iguais. As amostras podem ser de tamanhos diferentes, sendo o número total de observações da experiência igual a $n = n_1 + n_2 + \dots + n_k$.

As populações são denominadas tratamentos – categorias ou níveis do fator. Por meio de um teste estatístico, procuramos verificar se determinado fator é possível *causa* dos *efeitos* observados em certa variável em estudo. A hipótese nula do teste é que as médias dos k tratamentos são iguais. Isto é: $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$

E a hipótese alternativa H_1 é que pelo menos duas médias sejam diferentes. Caso o teste estatístico indique a rejeição de H_0 , podemos concluir, com risco α , que o fator estudado tem influência sobre a variável em estudo.

Lógica da Análise de Variância

Faz-se uma suposição da soma total dos quadrados (variação total) em tantas parcelas quantas forem as variáveis independentes: os fatores.

$$Variação\ total = Q_t = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x})^2$$

Em que;

i = 1, 2, ..., k (tratamentos)

j = 1, 2, ..., n_i (elementos amostrais da população do tratamento i)

\bar{x} = média geral

c) Teste de Tukey

O teste de Tukey realiza a comparação múltipla entre as médias para definir quais grupos são diferentes entre si. Em suma, o teste compreende os seguintes passos:

(a) ordenação das médias de forma decrescente;

(b) cálculo das diferenças entre as médias dos grupos experimentais;

(c) cálculo do erro padrão (EP) de cada diferença entre médias pela fórmula:

$$EP = \sqrt{\frac{QM_{resíduo}}{2} \times \left(\frac{1}{n_a} + \frac{1}{n_b} \right)}$$

(d) cálculo da estatística de teste q para cada diferença de médias pela fórmula:

$$q_{calc} = \frac{\bar{x}_a - \bar{x}_b}{EP}$$

(e) avaliar o valor crítico de q , se q_{calc} for maior que $q_{tabelado}$, os grupos diferem entre si.

Apêndice II

Correlação Linear de Pearson (r)

	ST (mg/L)	ST (t/d)	STF (mg/L)	STF (t/d)	STV (mg/L)	STV (t/d)	SST (mg/L)	SST (t/d)	SSF (mg/L)	SSF (t/d)	SSV (mg/L)	SSV (t/d)
ST (mg/L)	1	0,975	0,1612	-0,4824	0,9856	0,976	0,9873	0,9819	0,3684	-0,0424	0,9801	0,9785
	p= ---	p=,000	p=,422	p=,011	p=0,00	p=,000	p=0,00	p=0,00	p=,059	p=,834	p=0,00	p=,000
ST (t/d)	0,9751	1	0,0756	-0,3987	0,975	0,9802	0,9749	0,9747	0,2882	-0,0681	0,9726	0,9733
	p=,000	p= ---	p=,708	p=,039	p=,000	p=0,00	p=,000	p=,000	p=,145	p=,736	p=,000	p=,000
STF (mg/L)	0,1612	0,076	1	0,484	-0,008	-0,037	0,02	0,0003	0,7837	0,5279	-0,0297	-0,0379
	p=,422	p=,708	p= ---	p=,011	p=,969	p=,854	p=,921	p=,999	p=,000	p=,005	p=,883	p=,851
STF (t/d)	-0,4824	-0,399	0,484	1	-0,5717	-0,5726	-0,5413	-0,5336	0,231	0,5162	-0,565	-0,5674
	p=,011	p=,039	p=,011	p= ---	p=,002	p=,002	p=,004	p=,004	p=,246	p=,006	p=,002	p=,002
STV (mg/L)	0,9856	0,975	-0,008	-0,5717	1	0,9952	0,9969	0,9949	0,2391	-0,1334	0,9981	0,998
	p=0,00	p=,000	p=,969	p=,002	p= ---	p=0,00	p=0,00	p=0,00	p=,230	p=,507	p=0,00	p=0,00
STV (t/d)	0,976	0,98	-0,037	-0,5726	0,9952	1	0,9885	0,9867	0,2077	-0,1724	0,9916	0,9927
	p=,000	p=0,00	p=,854	p=,002	p=0,00	p= ---	p=0,00	p=0,00	p=,299	p=,390	p=0,00	p=0,00
SST (mg/L)	0,9873	0,975	0,02	-0,5413	0,9969	0,9885	1	0,9991	0,2877	-0,0702	0,9981	0,9976
	p=0,00	p=,000	p=,921	p=,004	p=0,00	p=0,00	p= ---	p=0,00	p=,146	p=,728	p=0,00	p=0,00
SST (t/d)	0,9819	0,975	0,0003	-0,5336	0,9949	0,9867	0,9991	1	0,2808	-0,0548	0,9977	0,9974
	p=0,00	p=,000	p=,999	p=,004	p=0,00	p=0,00	p=0,00	p= ---	p=,156	p=,786	p=0,00	p=0,00
SSF (mg/L)	0,3684	0,288	0,7837	0,231	0,2391	0,2077	0,2877	0,2808	1	0,7814	0,2285	0,2225
	p=,059	p=,145	p=,000	p=,246	p=,230	p=,299	p=,146	p=,156	p= ---	p=,000	p=,252	p=,265
SSF (t/d)	-0,0424	-0,068	0,5279	0,5162	-0,1334	-0,1724	-0,0702	-0,0548	0,7814	1	-0,1213	-0,1268
	p=,834	p=,736	p=,005	p=,006	p=,507	p=,390	p=,728	p=,786	p=,000	p= ---	p=,547	p=,529
SSV (mg/L)	0,9801	0,973	-0,0297	-0,565	0,9981	0,9916	0,9981	0,9977	0,2285	-0,1213	1	0,9999
	p=0,00	p=,000	p=,883	p=,002	p=0,00	p=0,00	p=0,00	p=0,00	p=,252	p=,547	p= ---	p=0,00
SSV (t/d)	0,9785	0,973	-0,0379	-0,5674	0,998	0,9927	0,9976	0,9974	0,2225	-0,1268	0,9999	1
	p=,000	p=,000	p=,851	p=,002	p=0,00	p=0,00	p=0,00	p=0,00	p=,265	p=,529	p=0,00	p= ---
SDT (mg/L)	0,1576	0,069	0,8796	0,313	0,009	-0,0065	0,0101	-0,0097	0,6028	0,3476	-0,0283	-0,0348
	p=,432	p=,734	p=,000	p=,112	p=,964	p=,975	p=,960	p=,962	p=,001	p=,076	p=,889	p=,863
SDT (t/d)	-0,5648	-0,438	0,0897	0,6989	-0,5876	-0,5429	-0,5893	-0,5735	-0,1038	0,2424	-0,5924	-0,5873
	p=,002	p=,022	p=,657	p=,000	p=,001	p=,003	p=,001	p=,002	p=,606	p=,223	p=,001	p=,001
SDF (mg/L)	-0,0799	-0,157	0,8911	0,5742	-0,2336	-0,2642	-0,2086	-0,2203	0,5758	0,5227	-0,2489	-0,2566
	p=,692	p=,435	p=,000	p=,002	p=,241	p=,183	p=,296	p=,270	p=,002	p=,005	p=,211	p=,196
SDF (t/d)	-0,6261	-0,534	0,1276	0,8151	-0,6562	-0,6532	-0,6317	-0,6105	-0,05	0,4431	-0,6389	-0,6386
	p=,000	p=,004	p=,526	p=,000	p=,000	p=,000	p=,000	p=,001	p=,804	p=,021	p=,000	p=,000

	ST (mg/L)	ST (t/d)	STF (mg/L)	STF (t/d)	STV (mg/L)	STV (t/d)	SST (mg/L)	SST (t/d)	SSF (mg/L)	SSF (t/d)	SSV (mg/L)	SSV (t/d)
SDV (mg/L)	0,5071	0,4519	0,2864	-0,3849	0,4647	0,4872	0,4201	0,3979	0,2637	-0,2062	0,4102	0,4102
	p=,007	p=,018	p=,148	p=,047	p=,015	p=,010	p=,029	p=,040	p=,184	p=,302	p=,034	p=,034
SDV (t/d)	0,0709	0,1471	-0,0574	-0,1568	0,0816	0,1654	0,0308	0,0219	-0,1071	-0,3589	0,0381	0,0477
	p=,725	p=,464	p=,776	p=,435	p=,686	p=,410	p=,879	p=,914	p=,595	p=,066	p=,850	p=,813
pH	0,1428	0,2604	-0,4205	-0,0132	0,2167	0,2357	0,2299	0,2597	-0,0096	0,2713	0,2343	0,2384
	p=,477	p=,190	p=,029	p=,948	p=,278	p=,237	p=,249	p=,191	p=,962	p=,171	p=,239	p=,231
Cond (µS/cm)	-0,0326	-0,2	0,717	0,0542	-0,1558	-0,1905	-0,1508	-0,1799	0,4483	0,1567	-0,182	-0,19
	p=,872	p=,317	p=,000	p=,788	p=,438	p=,341	p=,453	p=,369	p=,019	p=,435	p=,364	p=,342
Turb (UNT)	0,5702	0,6357	-0,3468	-0,2821	0,6371	0,6293	0,6353	0,6482	-0,0847	-0,1021	0,6512	0,6513
	p=,002	p=,000	p=,076	p=,154	p=,000	p=,000	p=,000	p=,000	p=,675	p=,612	p=,000	p=,000
Temp (°C)	-0,1668	-0,108	0,1975	0,3055	-0,2028	-0,1628	-0,2179	-0,2272	-0,0667	-0,1198	-0,2173	-0,217
	p=,406	p=,591	p=,323	p=,121	p=,310	p=,417	p=,275	p=,254	p=,741	p=,552	p=,276	p=,277
ODs(mg/L)	-0,1269	-0,115	-0,4631	-0,2654	-0,0493	-0,0451	-0,04	-0,0196	-0,1367	0,0954	-0,032	-0,0264
	p=,528	p=,569	p=,015	p=,181	p=,807	p=,823	p=,843	p=,923	p=,496	p=,636	p=,874	p=,896
ODt (mg/L)	-0,4236	-0,338	-0,5339	0,1352	-0,3377	-0,3317	-0,3277	-0,3022	-0,3746	0,0527	-0,3092	-0,304
	p=,028	p=,084	p=,004	p=,501	p=,085	p=,091	p=,095	p=,126	p=,054	p=,794	p=,117	p=,123
DBOt (mg/L)	-0,0842	-0,115	0,003	0,0212	-0,0858	-0,1073	-0,0755	-0,0715	0,0477	0,1927	-0,0798	-0,085
	p=,676	p=,568	p=,988	p=,916	p=,670	p=,594	p=,708	p=,723	p=,813	p=,336	p=,692	p=,673
DBOt (t/d)	-0,4715	-0,409	-0,3346	0,2676	-0,4204	-0,4233	-0,4053	-0,3842	-0,2561	0,1896	-0,3956	-0,3954
	p=,013	p=,034	p=,088	p=,177	p=,029	p=,028	p=,036	p=,048	p=,197	p=,343	p=,041	p=,041
DBOm(mg/L)	0,7489	0,6113	0,435	-0,5115	0,6843	0,657	0,6791	0,6569	0,5192	0,0158	0,6571	0,6515
	p=,000	p=,001	p=,023	p=,006	p=,000	p=,000	p=,000	p=,000	p=,006	p=,938	p=,000	p=,000
DBOm (t/d)	0,0542	0,0817	-0,2473	-0,244	0,0973	0,1258	0,0924	0,1045	0,0018	0,0675	0,0938	0,0989
	p=,788	p=,686	p=,214	p=,220	p=,629	p=,532	p=,647	p=,604	p=,993	p=,738	p=,642	p=,624
DQOc (mg/L)	-0,2538	-0,2	0,0275	0,3795	-0,2618	-0,2611	-0,2555	-0,2454	-0,1061	0,164	-0,2529	-0,2557
	p=,201	p=,316	p=,892	p=,051	p=,187	p=,188	p=,198	p=,217	p=,598	p=,414	p=,203	p=,198
DQOc (t/d)	-0,5171	-0,401	-0,2461	0,4764	-0,4817	-0,4615	-0,4752	-0,4547	-0,3259	0,1176	-0,4623	-0,4602
	p=,006	p=,038	p=,216	p=,012	p=,011	p=,015	p=,012	p=,017	p=,097	p=,559	p=,015	p=,016
DQOt (mg/L)	-0,018	0,0195	0,0199	0,2213	-0,0216	-0,0304	-0,0153	-0,0032	-0,0281	0,1878	-0,0137	-0,0168
	p=,929	p=,923	p=,921	p=,267	p=,915	p=,880	p=,940	p=,987	p=,889	p=,348	p=,946	p=,934
DQOt(t/d)	-0,461	-0,349	-0,3014	0,4217	-0,4155	-0,4032	-0,4051	-0,3789	-0,3142	0,1778	-0,3917	-0,3893
	p=,016	p=,074	p=,127	p=,028	p=,031	p=,037	p=,036	p=,051	p=,111	p=,375	p=,043	p=,045

	ST (mg/L)	ST (t/d)	STF (mg/L)	STF (t/d)	STV (mg/L)	STV (t/d)	SST (mg/L)	SST (t/d)	SSF (mg/L)	SSF (t/d)	SSV (mg/L)	SSV (t/d)
COD (mg/L)	0,125	0,166	0,059	0,0678	0,1165	0,1339	0,0973	0,0965	-0,0821	-0,106	0,1041	0,1035
	p=,535	p=,407	p=,770	p=,737	p=,563	p=,505	p=,629	p=,632	p=,684	p=,599	p=,605	p=,607
COD (t/d)	-0,4371	-0,28	-0,3734	0,3337	-0,3789	-0,3204	-0,3933	-0,3768	-0,4492	-0,162	-0,3711	-0,3626
	p=,023	p=,161	p=,055	p=,089	p=,051	p=,103	p=,042	p=,053	p=,019	p=,419	p=,057	p=,063
CIT (mg/L)	-0,116	-0,19	0,6821	0,338	-0,2344	-0,2388	-0,2293	-0,2569	0,2563	-0,022	-0,2495	-0,2536
	p=,564	p=,354	p=,000	p=,085	p=,239	p=,230	p=,250	p=,196	p=,197	p=,915	p=,210	p=,202
CDT (mg/L)	-0,0539	-0,1	0,6343	0,3299	-0,1632	-0,1602	-0,1664	-0,1914	0,1965	-0,062	-0,1817	-0,1857
	p=,790	p=,622	p=,000	p=,093	p=,416	p=,425	p=,407	p=,339	p=,326	p=,760	p=,364	p=,354
Pt (mg/L)	-0,0035	-0,09	0,5223	0,1506	-0,093	-0,1165	-0,09	-0,1129	0,2197	-0,005	-0,1055	-0,1118
	p=,986	p=,641	p=,005	p=,453	p=,645	p=,563	p=,655	p=,575	p=,271	p=,982	p=,600	p=,579
Pt (t/d)	-0,1861	-0,2	0,2966	0,2924	-0,2393	-0,2444	-0,2354	-0,2473	0,0153	-0,034	-0,2403	-0,2432
	p=,353	p=,310	p=,133	p=,139	p=,229	p=,219	p=,237	p=,214	p=,940	p=,866	p=,227	p=,222
Pr (mg/L)	-0,3472	-0,43	0,6007	0,4398	-0,4547	-0,4805	-0,4439	-0,4624	0,2416	0,2097	-0,4667	-0,4745
	p=,076	p=,025	p=,001	p=,022	p=,017	p=,011	p=,020	p=,015	p=,225	p=,294	p=,014	p=,012
Pr(t/d)	-0,4027	-0,39	0,177	0,4512	-0,4383	-0,4495	-0,4279	-0,4287	-0,0293	0,1561	-0,4331	-0,4372
	p=,037	p=,042	p=,377	p=,018	p=,022	p=,019	p=,026	p=,026	p=,885	p=,437	p=,024	p=,023
Nt (mg/L)	-0,1982	-0,25	0,5032	0,4083	-0,287	-0,3108	-0,282	-0,2948	0,1757	0,1922	-0,2978	-0,3067
	p=,322	p=,211	p=,007	p=,034	p=,147	p=,115	p=,154	p=,136	p=,381	p=,337	p=,131	p=,120
Nt (t/d)	-0,684	-0,57	-0,1977	0,6308	-0,6592	-0,6429	-0,6524	-0,6357	-0,3686	0,0987	-0,6396	-0,6387
	p=,000	p=,002	p=,323	p=,000	p=,000	p=,000	p=,000	p=,000	p=,058	p=,624	p=,000	p=,000
Nam(mg/L)	0,1902	0,057	0,7357	0,0579	0,0667	0,038	0,0661	0,0374	0,4371	0,0968	0,0392	0,0301
	p=,342	p=,779	p=,000	p=,774	p=,741	p=,851	p=,743	p=,853	p=,023	p=,631	p=,846	p=,881
Nam (t/d)	-0,568	-0,51	0,1774	0,5808	-0,6059	-0,5841	-0,6052	-0,6042	-0,1405	0,082	-0,6062	-0,6062
	p=,002	p=,006	p=,376	p=,001	p=,001	p=,001	p=,001	p=,001	p=,484	p=,684	p=,001	p=,001
Nitrito(mg/L)	0,2156	0,303	-0,5853	-0,275	0,3188	0,3305	0,3197	0,3396	-0,2469	-0,141	0,3407	0,3476
	p=,280	p=,124	p=,001	p=,164	p=,105	p=,092	p=,104	p=,083	p=,214	p=,483	p=,082	p=,076
Nitrito (t/d)	-0,3222	-0,19	-0,6317	0,103	-0,2182	-0,1909	-0,2186	-0,1961	-0,4688	-0,154	-0,1922	-0,1837
	p=,101	p=,346	p=,000	p=,609	p=,274	p=,340	p=,273	p=,327	p=,014	p=,442	p=,337	p=,359
Nitrato(mg/L)	-0,1849	-0,16	0,3375	0,4982	-0,2452	-0,2544	-0,2426	-0,2481	-0,023	0,0321	-0,2452	-0,2488
	p=,356	p=,413	p=,085	p=,008	p=,218	p=,200	p=,223	p=,212	p=,909	p=,874	p=,218	p=,211
Nitrato (t/d)	-0,3876	-0,29	0,0323	0,5969	-0,3983	-0,3921	-0,3949	-0,3878	-0,2533	-0,005	-0,3852	-0,3849
	p=,046	p=,136	p=,873	p=,001	p=,040	p=,043	p=,042	p=,046	p=,202	p=,982	p=,047	p=,047

	ST (mg/L)	ST (t/d)	STF (mg/L)	STF (t/d)	STV (mg/L)	STV (t/d)	SST (mg/L)	SST (t/d)	SSF (mg/L)	SSF (t/d)	SSV (mg/L)	SSV (t/d)
SS (mL/L)	0,862	0,818	0,2382	-0,503	0,8326	0,8398	0,8151	0,796	0,2923	-0,247	0,8099	0,8086
	p=,000	p=,000	p=,232	p=,007	p=,000	p=,000	p=,000	p=,000	p=,139	p=,215	p=,000	p=,000
Vazão (m³/s)	-0,6098	-0,45	-0,5964	0,3329	-0,5157	-0,472	-0,5176	-0,4931	-0,5506	-0,116	-0,4909	-0,4815
	p=,001	p=,019	p=,001	p=,090	p=,006	p=,013	p=,006	p=,009	p=,003	p=,563	p=,009	p=,011
Vazão (L/s)	-0,6098	-0,45	-0,5964	0,3329	-0,5157	-0,472	-0,5176	-0,4931	-0,5506	-0,116	-0,4909	-0,4815
	p=,001	p=,019	p=,001	p=,090	p=,006	p=,013	p=,006	p=,009	p=,003	p=,563	p=,009	p=,011
UV_vis 254	0,4328	0,437	0,2039	-0,063	0,4036	0,4041	0,3971	0,3846	0,1409	-0,12	0,3946	0,3907
	p=,024	p=,023	p=,308	p=,756	p=,037	p=,037	p=,040	p=,048	p=,483	p=,551	p=,042	p=,044
SUVA 254	0,4328	0,437	0,2039	-0,063	0,4036	0,4041	0,3971	0,3846	0,1409	-0,12	0,3946	0,3907
	p=,024	p=,023	p=,308	p=,756	p=,037	p=,037	p=,040	p=,048	p=,483	p=,551	p=,042	p=,044
UV_vis 285	0,3532	0,358	0,212	0,005	0,3215	0,3188	0,3171	0,3061	0,1241	-0,08	0,3144	0,3099
	p=,071	p=,067	p=,288	p=,980	p=,102	p=,105	p=,107	p=,120	p=,537	p=,692	p=,110	p=,116
A_285/COD	-0,2431	-0,38	0,3523	0,0247	-0,3067	-0,3445	-0,2866	-0,2932	0,3213	0,3457	-0,3119	-0,3163
	p=,222	p=,051	p=,071	p=,903	p=,120	p=,079	p=,147	p=,138	p=,102	p=,077	p=,113	p=,108
R 250/365	-0,0018	-0,03	-0,1616	-0,328	0,0259	0,0455	0,0156	0,0149	-0,0055	-0,103	0,0162	0,0222
	p=,993	p=,888	p=,421	p=,095	p=,898	p=,822	p=,938	p=,941	p=,978	p=,611	p=,936	p=,912
R 300/400	-0,4551	-0,44	0,0663	0,1967	-0,4725	-0,4386	-0,4787	-0,4782	-0,038	0,1065	-0,4842	-0,4828
	p=,017	p=,021	p=,743	p=,325	p=,013	p=,022	p=,012	p=,012	p=,851	p=,597	p=,010	p=,011
R 465/665	-0,1567	-0,12	-0,2177	-0,06	-0,1215	-0,0933	-0,1235	-0,1134	-0,09	0,0388	-0,1198	-0,1154
	p=,435	p=,555	p=,275	p=,765	p=,546	p=,643	p=,539	p=,573	p=,655	p=,847	p=,552	p=,566

	SDT (mg/L)	SDT (t/d)	SDF (mg/L)	SDF (t/d)	SDV (mg/L)	SDV (t/d)	pH	Cond (μ S/cm)	Turb (UNT)	Temp (°C)	ODs (mg/L)	ODt (mg/L)
ST (mg/L)	0,1576	-0,5648	-0,0799	-0,6261	0,5071	0,0709	0,1428	-0,0326	0,5702	-0,1668	-0,1269	-0,4236
	p=,432	p=,002	p=,692	p=,000	p=,007	p=,725	p=,477	p=,872	p=,002	p=,406	p=,528	p=,028
ST (t/d)	0,0685	-0,4383	-0,1567	-0,5336	0,4519	0,1471	0,2604	-0,2	0,6357	-0,1083	-0,1146	-0,3383
	p=,734	p=,022	p=,435	p=,004	p=,018	p=,464	p=,190	p=,317	p=,000	p=,591	p=,569	p=,084
STF (mg/L)	0,8796	0,0897	0,8911	0,1276	0,2864	-0,0574	-0,421	0,717	-0,3468	0,1975	-0,4631	-0,5339
	p=,000	p=,657	p=,000	p=,526	p=,148	p=,776	p=,029	p=,000	p=,076	p=,323	p=,015	p=,004
STF (t/d)	0,313	0,6989	0,5742	0,8151	-0,3849	-0,1568	-0,013	0,0542	-0,2821	0,3055	-0,2654	0,1352
	p=,112	p=,000	p=,002	p=,000	p=,047	p=,435	p=,948	p=,788	p=,154	p=,121	p=,181	p=,501
STV (mg/L)	0,009	-0,5876	-0,2336	-0,6562	0,4647	0,0816	0,2167	-0,1558	0,6371	-0,2028	-0,0493	-0,3377
	p=,964	p=,001	p=,241	p=,000	p=,015	p=,686	p=,278	p=,438	p=,000	p=,310	p=,807	p=,085
STV (t/d)	-0,0065	-0,5429	-0,2642	-0,6532	0,4872	0,1654	0,2357	-0,1905	0,6293	-0,1628	-0,0451	-0,3317
	p=,975	p=,003	p=,183	p=,000	p=,010	p=,410	p=,237	p=,341	p=,000	p=,417	p=,823	p=,091
SST (mg/L)	0,0101	-0,5893	-0,2086	-0,6317	0,4201	0,0308	0,2299	-0,1508	0,6353	-0,2179	-0,04	-0,3277
	p=,960	p=,001	p=,296	p=,000	p=,029	p=,879	p=,249	p=,453	p=,000	p=,275	p=,843	p=,095
SST (t/d)	-0,0097	-0,5735	-0,2203	-0,6105	0,3979	0,0219	0,2597	-0,1799	0,6482	-0,2272	-0,0196	-0,3022
	p=,962	p=,002	p=,270	p=,001	p=,040	p=,914	p=,191	p=,369	p=,000	p=,254	p=,923	p=,126
SSF (mg/L)	0,6028	-0,1038	0,5758	-0,05	0,2637	-0,1071	-0,01	0,4483	-0,0847	-0,0667	-0,1367	-0,3746
	p=,001	p=,606	p=,002	p=,804	p=,184	p=,595	p=,962	p=,019	p=,675	p=,741	p=,496	p=,054
SSF (t/d)	0,3476	0,2424	0,5227	0,4431	-0,2062	-0,3589	0,2713	0,1567	-0,1021	-0,1198	0,0954	0,0527
	p=,076	p=,223	p=,005	p=,021	p=,302	p=,066	p=,171	p=,435	p=,612	p=,552	p=,636	p=,794
SSV (mg/L)	-0,0283	-0,5924	-0,2489	-0,6389	0,4102	0,0381	0,2343	-0,182	0,6512	-0,2173	-0,032	-0,3092
	p=,889	p=,001	p=,211	p=,000	p=,034	p=,850	p=,239	p=,364	p=,000	p=,276	p=,874	p=,117
SSV (t/d)	-0,0348	-0,5873	-0,2566	-0,6386	0,4102	0,0477	0,2384	-0,19	0,6513	-0,217	-0,0264	-0,304
	p=,863	p=,001	p=,196	p=,000	p=,034	p=,813	p=,231	p=,342	p=,000	p=,277	p=,896	p=,123
SDT (mg/L)	1	0,2335	0,8961	0,1414	0,5457	0,2089	-0,36	0,729	-0,4124	0,1659	-0,3227	-0,5205
	p= ---	p=,241	p=,000	p=,482	p=,003	p=,296	p=,065	p=,000	p=,033	p=,408	p=,101	p=,005
SDT (t/d)	0,2335	1	0,3668	0,8726	-0,1752	0,3385	0,2594	-0,1384	-0,3966	0,2776	0,1389	0,3274
	p=,241	p= ---	p=,060	p=,000	p=,382	p=,084	p=,191	p=,491	p=,041	p=,161	p=,490	p=,096
SDF (mg/L)	0,8961	0,3668	1	0,4463	0,1172	-0,112	-0,357	0,701	-0,5169	0,1525	-0,2724	-0,3329
	p=,000	p=,060	p= ---	p=,020	p=,560	p=,578	p=,067	p=,000	p=,006	p=,448	p=,169	p=,090
SDF (t/d)	0,1414	0,8726	0,4463	1	-0,528	-0,1638	0,2394	-0,1137	-0,3458	0,097	0,1705	0,4483
	p=,482	p=,000	p=,020	p= ---	p=,005	p=,414	p=,229	p=,572	p=,077	p=,630	p=,395	p=,019

	SDT (mg/L)	SDT (t/d)	SDF (mg/L)	SDF (t/d)	SDV (mg/L)	SDV (t/d)	pH	Cond (μS/cm)	Turb (UNT)	Temp (°C)	ODs (mg/L)	ODt (mg/L)
SDV (mg/L)	0,5457	-0,1752	0,1172	-0,528	1	0,6723	-0,131	0,3087	0,0582	0,0786	-0,2079	-0,5376
	p=,003	p=,382	p=,560	p=,005	p= ---	p=,000	p=,514	p=,117	p=,773	p=,697	p=,298	p=,004
SDV (t/d)	0,2089	0,3385	-0,112	-0,1638	0,6723	1	0,0618	-0,0542	-0,132	0,372	-0,0505	-0,2098
	p=,296	p=,084	p=,578	p=,414	p=,000	p= ---	p=,759	p=,788	p=,512	p=,056	p=,803	p=,294
pH	-0,3603	0,2594	-0,3573	0,2394	-0,1313	0,0618	1	-0,7327	0,5092	-0,2219	0,4766	0,5089
	p=,065	p=,191	p=,067	p=,229	p=,514	p=,759	p= ---	p=,000	p=,007	p=,266	p=,012	p=,007
Cond (μS/cm)	0,729	-0,1384	0,701	-0,1137	0,3087	-0,0542	-0,733	1	-0,6772	0,1084	-0,3294	-0,5288
	p=,000	p=,491	p=,000	p=,572	p=,117	p=,788	p=,000	p= ---	p=,000	p=,591	p=,093	p=,005
Turb (UNT)	-0,4124	-0,3966	-0,5169	-0,3458	0,0582	-0,132	0,5092	-0,6772	1	-0,1401	-0,02	-0,0033
	p=,033	p=,041	p=,006	p=,077	p=,773	p=,512	p=,007	p=,000	p= ---	p=,486	p=,921	p=,987
Temp (°C)	0,1659	0,2776	0,1525	0,097	0,0786	0,372	-0,222	0,1084	-0,1401	1	-0,7378	-0,5575
	p=,408	p=,161	p=,448	p=,630	p=,697	p=,056	p=,266	p=,591	p=,486	p= ---	p=,000	p=,003
ODs(mg/L)	-0,3227	0,1389	-0,2724	0,1705	-0,2079	-0,0505	0,4766	-0,3294	-0,02	-0,7378	1	0,7123
	p=,101	p=,490	p=,169	p=,395	p=,298	p=,803	p=,012	p=,093	p=,921	p=,000	p= ---	p=,000
ODt (mg/L)	-0,5205	0,3274	-0,3329	0,4483	-0,5376	-0,2098	0,5089	-0,5288	-0,0033	-0,5575	0,7123	1
	p=,005	p=,096	p=,090	p=,019	p=,004	p=,294	p=,007	p=,005	p=,987	p=,003	p=,000	p= ---
DBOt (mg/L)	-0,0898	-0,1644	-0,0337	-0,0608	-0,1338	-0,2115	-0,074	-0,0044	0,1208	0,4212	-0,3436	-0,2949
	p=,656	p=,412	p=,867	p=,763	p=,506	p=,290	p=,714	p=,982	p=,548	p=,029	p=,079	p=,135
DBOt (t/d)	-0,4664	0,1659	-0,2616	0,3131	-0,5482	-0,2696	0,1714	-0,3889	0,0969	0,2671	-0,049	0,2512
	p=,014	p=,408	p=,187	p=,112	p=,003	p=,174	p=,393	p=,045	p=,631	p=,178	p=,808	p=,206
DBOm(mg/L)	0,5297	-0,5524	0,2572	-0,6298	0,7035	0,1062	-0,239	0,5324	0,0455	-0,238	-0,0841	-0,5425
	p=,004	p=,003	p=,195	p=,000	p=,000	p=,598	p=,230	p=,004	p=,822	p=,232	p=,677	p=,003
DBOm (t/d)	-0,02	0,263	-0,1047	0,1038	0,1506	0,3307	0,423	-0,1427	-0,1937	-0,3555	0,6607	0,4244
	p=,921	p=,185	p=,603	p=,606	p=,453	p=,092	p=,028	p=,478	p=,333	p=,069	p=,000	p=,027
DQOc (mg/L)	0,0177	0,3457	0,1477	0,3944	-0,2382	-0,0577	0,1333	-0,1327	0,1162	0,691	-0,4309	-0,2197
	p=,930	p=,077	p=,462	p=,042	p=,231	p=,775	p=,508	p=,509	p=,564	p=,000	p=,025	p=,271
DQOc (t/d)	-0,2562	0,5744	-0,0498	0,6133	-0,4797	-0,0206	0,3063	-0,3933	0,0326	0,5217	-0,1117	0,1991
	p=,197	p=,002	p=,805	p=,001	p=,011	p=,919	p=,120	p=,042	p=,872	p=,005	p=,579	p=,320
DQOt (mg/L)	0,0658	0,2326	0,1346	0,2896	-0,1057	-0,0855	0,2407	-0,1689	0,3075	0,4617	-0,268	-0,2092
	p=,744	p=,243	p=,503	p=,143	p=,600	p=,671	p=,227	p=,400	p=,119	p=,015	p=,177	p=,295
DQOt(t/d)	-0,2783	0,5641	-0,0658	0,6416	-0,5008	-0,1011	0,4231	-0,4582	0,1254	0,3068	0,0712	0,3322
	p=,160	p=,002	p=,744	p=,000	p=,008	p=,616	p=,028	p=,016	p=,533	p=,120	p=,724	p=,090

	SDT (mg/L)	SDT (t/d)	SDF (mg/L)	SDF (t/d)	SDV (mg/L)	SDV (t/d)	pH	Cond (μS/cm)	Turb (UNT)	Temp (°C)	ODs (mg/L)	ODt (mg/L)
COD (mg/L)	0,1609	0,1439	0,0727	0,0219	0,222	0,251	0,0123	-0,0795	0,2085	0,6595	-0,5502	-0,5214
	p=,423	p=,474	p=,719	p=,914	p=,266	p=,207	p=,952	p=,693	p=,297	p=,000	p=,003	p=,005
COD (t/d)	-0,3265	0,6015	-0,2393	0,4564	-0,2847	0,3288	0,2526	-0,4995	-0,0105	0,4965	-0,0705	0,1794
	p=,096	p=,001	p=,229	p=,017	p=,150	p=,094	p=,204	p=,008	p=,959	p=,008	p=,727	p=,371
CIT (mg/L)	0,5316	-0,0089	0,5929	-0,0158	0,0674	0,0128	-0,769	0,6501	-0,4525	0,4224	-0,5689	-0,498
	p=,004	p=,965	p=,001	p=,938	p=,738	p=,950	p=,000	p=,000	p=,018	p=,028	p=,002	p=,008
CDT (mg/L)	0,5403	0,0499	0,5599	-0,0052	0,1493	0,1121	-0,684	0,55	-0,3214	0,6428	-0,7301	-0,6549
	p=,004	p=,805	p=,002	p=,979	p=,457	p=,578	p=,000	p=,003	p=,102	p=,000	p=,000	p=,000
Pt (mg/L)	0,4667	-0,0969	0,4925	-0,0455	0,114	-0,1066	-0,573	0,6158	-0,3728	0,3543	-0,5305	-0,5589
	p=,014	p=,631	p=,009	p=,822	p=,571	p=,597	p=,002	p=,001	p=,055	p=,070	p=,004	p=,002
Pt (t/d)	0,2197	0,1173	0,3219	0,1631	-0,1185	-0,08	-0,369	0,303	-0,295	0,477	-0,4879	-0,3693
	p=,271	p=,560	p=,102	p=,416	p=,556	p=,692	p=,058	p=,124	p=,135	p=,012	p=,010	p=,058
Pr (mg/L)	0,514	0,1418	0,6361	0,2306	-0,0514	-0,1556	-0,674	0,6763	-0,6012	0,3523	-0,4224	-0,3643
	p=,006	p=,480	p=,000	p=,247	p=,799	p=,438	p=,000	p=,000	p=,001	p=,071	p=,028	p=,062
Pr(t/d)	0,0723	0,2419	0,2389	0,3478	-0,2901	-0,1827	-0,28	0,1136	-0,2476	0,2696	-0,203	-0,0233
	p=,720	p=,224	p=,230	p=,075	p=,142	p=,362	p=,158	p=,573	p=,213	p=,174	p=,310	p=,908
Nt (mg/L)	0,4593	0,1479	0,541	0,2182	0,0076	-0,116	-0,393	0,4935	-0,2405	0,6985	-0,7032	-0,5445
	p=,016	p=,462	p=,004	p=,274	p=,970	p=,564	p=,042	p=,009	p=,227	p=,000	p=,000	p=,003
Nt (t/d)	-0,2796	0,593	-0,0214	0,6771	-0,5875	-0,1107	0,1507	-0,3251	-0,0957	0,4872	-0,1749	0,3119
	p=,158	p=,001	p=,916	p=,000	p=,001	p=,583	p=,453	p=,098	p=,635	p=,010	p=,383	p=,113
Nam(mg/L)	0,7309	-0,1994	0,6515	-0,2115	0,4068	0,0122	-0,666	0,8437	-0,3503	0,4661	-0,6717	-0,8301
	p=,000	p=,319	p=,000	p=,290	p=,035	p=,952	p=,000	p=,000	p=,073	p=,014	p=,000	p=,000
Nam (t/d)	0,1384	0,5429	0,3101	0,5166	-0,2796	0,0997	-0,234	0,1551	-0,3987	0,8215	-0,5254	-0,2288
	p=,491	p=,003	p=,115	p=,006	p=,158	p=,621	p=,239	p=,440	p=,039	p=,000	p=,005	p=,251
Nitrito(mg/L)	-0,6015	-0,1401	-0,6248	-0,1135	-0,1654	-0,0692	0,5802	-0,7492	0,5627	-0,6804	0,6493	0,6492
	p=,001	p=,486	p=,000	p=,573	p=,410	p=,732	p=,002	p=,000	p=,002	p=,000	p=,000	p=,000
Nitrito (t/d)	-0,698	0,2174	-0,5769	0,2549	-0,475	-0,0609	0,4405	-0,7287	0,2143	-0,4342	0,5502	0,834
	p=,000	p=,276	p=,002	p=,199	p=,012	p=,763	p=,021	p=,000	p=,283	p=,024	p=,003	p=,000
Nitrato(mg/L)	0,3101	0,3211	0,4347	0,393	-0,1278	-0,1076	-0,245	0,1918	-0,1545	0,3958	-0,4754	-0,2442
	p=,115	p=,102	p=,023	p=,043	p=,525	p=,593	p=,219	p=,338	p=,442	p=,041	p=,012	p=,220
Nitrato (t/d)	-0,0296	0,4804	0,1684	0,5667	-0,3863	-0,1245	-0,006	-0,1677	-0,0586	0,3169	-0,2877	0,1146
	p=,884	p=,011	p=,401	p=,002	p=,047	p=,536	p=,978	p=,403	p=,772	p=,107	p=,146	p=,569

	SDT (mg/L)	SDT (t/d)	SDF (mg/L)	SDF (t/d)	SDV (mg/L)	SDV (t/d)	pH	Cond (μS/cm)	Turb (UNT)	Temp (°C)	ODs (mg/L)	ODt (mg/L)
SS (mL/L)	0,2742	-0,5426	-0,0314	-0,7268	0,6732	0,3072	-0,127	0,1516	0,393	0,1947	-0,4	-0,7119
	p=,166	p=,003	p=,877	p=,000	p=,000	p=,119	p=,529	p=,450	p=,043	p=,330	p=,039	p=,000
Vazão (m³/s)	-0,6449	0,5148	-0,4561	0,5078	-0,5867	0,0516	0,3832	-0,6736	-0,0082	-0,0451	0,3693	0,7542
	p=,000	p=,006	p=,017	p=,007	p=,001	p=,798	p=,048	p=,000	p=,968	p=,823	p=,058	p=,000
Vazão (L/s)	-0,6449	0,5148	-0,4561	0,5078	-0,5867	0,0516	0,3832	-0,6736	-0,0082	-0,0451	0,3693	0,7542
	p=,000	p=,006	p=,017	p=,007	p=,001	p=,798	p=,048	p=,000	p=,968	p=,823	p=,058	p=,000
UV_vis 254	0,0772	-0,3504	-0,0449	-0,4058	0,2586	0,0762	-0,147	-0,0219	0,4544	0,6566	-0,7895	-0,7264
	p=,702	p=,073	p=,824	p=,036	p=,193	p=,706	p=,463	p=,914	p=,017	p=,000	p=,000	p=,000
SUVA 254	0,0772	-0,3504	-0,0449	-0,4058	0,2586	0,0762	-0,147	-0,0219	0,4544	0,6566	-0,7895	-0,7264
	p=,702	p=,073	p=,824	p=,036	p=,193	p=,706	p=,463	p=,914	p=,017	p=,000	p=,000	p=,000
UV_vis 285	0,0816	-0,2959	-0,0067	-0,3262	0,1966	0,0335	-0,154	-0,0068	0,4115	0,7006	-0,8169	-0,7098
	p=,686	p=,134	p=,974	p=,097	p=,326	p=,868	p=,442	p=,973	p=,033	p=,000	p=,000	p=,000
A_285/COD	0,4452	0,0962	0,5345	0,2134	-0,012	-0,2138	-0,297	0,675	-0,7132	-0,4643	0,4177	0,1433
	p=,020	p=,633	p=,004	p=,285	p=,953	p=,284	p=,133	p=,000	p=,000	p=,015	p=,030	p=,476
R 250/365	0,0224	0,0679	-0,0739	-0,0607	0,1872	0,2516	0,1232	0,0795	-0,3203	-0,6661	0,7515	0,4315
	p=,912	p=,736	p=,714	p=,764	p=,350	p=,206	p=,540	p=,693	p=,103	p=,000	p=,000	p=,025
R 300/400	0,225	0,5495	0,2759	0,3965	-0,0229	0,3439	0,0491	0,2217	-0,5272	0,546	-0,0457	-0,1304
	p=,259	p=,003	p=,164	p=,041	p=,910	p=,079	p=,808	p=,266	p=,005	p=,003	p=,821	p=,517
R 465/665	-0,0432	0,3744	-0,0271	0,2737	-0,0489	0,2262	0,4601	-0,154	-0,2048	-0,2654	0,5848	0,5202
	p=,831	p=,054	p=,893	p=,167	p=,809	p=,257	p=,016	p=,443	p=,306	p=,181	p=,001	p=,005

	DBOt (mg/L)	DBOt (t/d)	DBOm (mg/L)	DBOm (t/d)	DQOc (mg/L)	DQOc (t/d)	DQOt (mg/L)	DQOt (t/d)	COD (mg/L)	COD (t/d)	CIT (mg/L)
ST (mg/L)	-0,0842	-0,4715	0,7489	0,0542	-0,2538	-0,5171	-0,018	-0,461	0,125	-0,4371	-0,116
	p=,676	p=,013	p=,000	p=,788	p=,201	p=,006	p=,929	p=,016	p=,535	p=,023	p=,564
ST (t/d)	-0,1149	-0,4087	0,6113	0,0817	-0,2003	-0,401	0,0195	-0,349	0,1662	-0,2777	-0,1854
	p=,568	p=,034	p=,001	p=,686	p=,316	p=,038	p=,923	p=,074	p=,407	p=,161	p=,354
STF (mg/L)	0,003	-0,3346	0,435	-0,2473	0,0275	-0,2461	0,0199	-0,3014	0,059	-0,3734	0,6821
	p=,988	p=,088	p=,023	p=,214	p=,892	p=,216	p=,921	p=,127	p=,770	p=,055	p=,000
STF (t/d)	0,0212	0,2676	-0,5115	-0,244	0,3795	0,4764	0,2213	0,4217	0,0678	0,3337	0,338
	p=,916	p=,177	p=,006	p=,220	p=,051	p=,012	p=,267	p=,028	p=,737	p=,089	p=,085
STV (mg/L)	-0,0858	-0,4204	0,6843	0,0973	-0,2618	-0,4817	-0,0216	-0,4155	0,1165	-0,3789	-0,2344
	p=,670	p=,029	p=,000	p=,629	p=,187	p=,011	p=,915	p=,031	p=,563	p=,051	p=,239
STV (t/d)	-0,1073	-0,4233	0,657	0,1258	-0,2611	-0,4615	-0,0304	-0,4032	0,1339	-0,3204	-0,2388
	p=,594	p=,028	p=,000	p=,532	p=,188	p=,015	p=,880	p=,037	p=,505	p=,103	p=,230
SST (mg/L)	-0,0755	-0,4053	0,6791	0,0924	-0,2555	-0,4752	-0,0153	-0,4051	0,0973	-0,3933	-0,2293
	p=,708	p=,036	p=,000	p=,647	p=,198	p=,012	p=,940	p=,036	p=,629	p=,042	p=,250
SST (t/d)	-0,0715	-0,3842	0,6569	0,1045	-0,2454	-0,4547	-0,0032	-0,3789	0,0965	-0,3768	-0,2569
	p=,723	p=,048	p=,000	p=,604	p=,217	p=,017	p=,987	p=,051	p=,632	p=,053	p=,196
SSF (mg/L)	0,0477	-0,2561	0,5192	0,0018	-0,1061	-0,3259	-0,0281	-0,3142	-0,0821	-0,4492	0,2563
	p=,813	p=,197	p=,006	p=,993	p=,598	p=,097	p=,889	p=,111	p=,684	p=,019	p=,197
SSF (t/d)	0,1927	0,1896	0,0158	0,0675	0,164	0,1176	0,1878	0,1778	-0,1059	-0,1621	-0,0216
	p=,336	p=,343	p=,938	p=,738	p=,414	p=,559	p=,348	p=,375	p=,599	p=,419	p=,915
SSV (mg/L)	-0,0798	-0,3956	0,6571	0,0938	-0,2529	-0,4623	-0,0137	-0,3917	0,1041	-0,3711	-0,2495
	p=,692	p=,041	p=,000	p=,642	p=,203	p=,015	p=,946	p=,043	p=,605	p=,057	p=,210
SSV (t/d)	-0,085	-0,3954	0,6515	0,0989	-0,2557	-0,4602	-0,0168	-0,3893	0,1035	-0,3626	-0,2536
	p=,673	p=,041	p=,000	p=,624	p=,198	p=,016	p=,934	p=,045	p=,607	p=,063	p=,202
SDT (mg/L)	-0,0898	-0,4664	0,5297	-0,02	0,0177	-0,2562	0,0658	-0,2783	0,1609	-0,3265	0,5316
	p=,656	p=,014	p=,004	p=,921	p=,930	p=,197	p=,744	p=,160	p=,423	p=,096	p=,004
SDT (t/d)	-0,1644	0,1659	-0,5524	0,263	0,3457	0,5744	0,2326	0,5641	0,1439	0,6015	-0,0089
	p=,412	p=,408	p=,003	p=,185	p=,077	p=,002	p=,243	p=,002	p=,474	p=,001	p=,965
SDF (mg/L)	-0,0337	-0,2616	0,2572	-0,1047	0,1477	-0,0498	0,1346	-0,0658	0,0727	-0,2393	0,5929
	p=,867	p=,187	p=,195	p=,603	p=,462	p=,805	p=,503	p=,744	p=,719	p=,229	p=,001
SDF (t/d)	-0,0608	0,3131	-0,6298	0,1038	0,3944	0,6133	0,2896	0,6416	0,0219	0,4564	-0,0158
	p=,763	p=,112	p=,000	p=,606	p=,042	p=,001	p=,143	p=,000	p=,914	p=,017	p=,938

	DBOt (mg/L)	DBOt (t/d)	DBOm (mg/L)	DBOm (t/d)	DQOc (mg/L)	DQOc (t/d)	DQOt (mg/L)	DQOt (t/d)	COD (mg/L)	COD (t/d)	CIT (mg/L)
SDV (mg/L)	-0,1338	-0,5482	0,7035	0,1506	-0,2382	-0,4797	-0,1057	-0,5008	0,222	-0,2847	0,0674
	p=,506	p=,003	p=,000	p=,453	p=,231	p=,011	p=,600	p=,008	p=,266	p=,150	p=,738
SDV (t/d)	-0,2115	-0,2696	0,1062	0,3307	-0,0577	-0,0206	-0,0855	-0,1011	0,251	0,3288	0,0128
	p=,290	p=,174	p=,598	p=,092	p=,775	p=,919	p=,671	p=,616	p=,207	p=,094	p=,950
pH	-0,074	0,1714	-0,2387	0,423	0,1333	0,3063	0,2407	0,4231	0,0123	0,2526	-0,7692
	p=,714	p=,393	p=,230	p=,028	p=,508	p=,120	p=,227	p=,028	p=,952	p=,204	p=,000
Cond (µS/cm)	-0,0044	-0,3889	0,5324	-0,1427	-0,1327	-0,3933	-0,1689	-0,4582	-0,0795	-0,4995	0,6501
	p=,982	p=,045	p=,004	p=,478	p=,509	p=,042	p=,400	p=,016	p=,693	p=,008	p=,000
Turb (UNT)	0,1208	0,0969	0,0455	-0,1937	0,1162	0,0326	0,3075	0,1254	0,2085	-0,0105	-0,4525
	p=,548	p=,631	p=,822	p=,333	p=,564	p=,872	p=,119	p=,533	p=,297	p=,959	p=,018
Temp (°C)	0,4212	0,2671	-0,238	-0,3555	0,691	0,5217	0,4617	0,3068	0,6595	0,4965	0,4224
	p=,029	p=,178	p=,232	p=,069	p=,000	p=,005	p=,015	p=,120	p=,000	p=,008	p=,028
ODs(mg/L)	-0,3436	-0,049	-0,0841	0,6607	-0,4309	-0,1117	-0,268	0,0712	-0,5502	-0,0705	-0,5689
	p=,079	p=,808	p=,677	p=,000	p=,025	p=,579	p=,177	p=,724	p=,003	p=,727	p=,002
ODt (mg/L)	-0,2949	0,2512	-0,5425	0,4244	-0,2197	0,1991	-0,2092	0,3322	-0,5214	0,1794	-0,498
	p=,135	p=,206	p=,003	p=,027	p=,271	p=,320	p=,295	p=,090	p=,005	p=,371	p=,008
DBOt (mg/L)	1	0,7754	-0,1225	-0,32	0,4683	0,3047	0,3156	0,1733	0,4996	0,1869	0,0862
	p= ---	p=,000	p=,543	p=,104	p=,014	p=,122	p=,109	p=,387	p=,008	p=,351	p=,669
DBOt (t/d)	0,7754	1	-0,6563	-0,2071	0,4487	0,5789	0,2387	0,4965	0,2511	0,4914	-0,1613
	p=,000	p= ---	p=,000	p=,300	p=,019	p=,002	p=,230	p=,008	p=,206	p=,009	p=,422
DBOm(mg/L)	-0,1225	-0,6563	1	0,1888	-0,4026	-0,7252	-0,1936	-0,698	-0,0374	-0,7032	0,1251
	p=,543	p=,000	p= ---	p=,346	p=,037	p=,000	p=,333	p=,000	p=,853	p=,000	p=,534
DBOm (t/d)	-0,32	-0,2071	0,1888	1	-0,2367	-0,021	-0,1734	0,0019	-0,2343	0,0198	-0,4924
	p=,104	p=,300	p=,346	p= ---	p=,234	p=,917	p=,387	p=,992	p=,240	p=,922	p=,009
DQOc (mg/L)	0,4683	0,4487	-0,4026	-0,2367	1	0,8723	0,8692	0,7556	0,6322	0,4769	0,06
	p=,014	p=,019	p=,037	p=,234	p= ---	p=,000	p=,000	p=,000	p=,000	p=,012	p=,766
DQOc (t/d)	0,3047	0,5789	-0,7252	-0,021	0,8723	1	0,6802	0,8806	0,4109	0,6864	-0,1333
	p=,122	p=,002	p=,000	p=,917	p=,000	p= ---	p=,000	p=,000	p=,033	p=,000	p=,507
DQOt (mg/L)	0,3156	0,2387	-0,1936	-0,1734	0,8692	0,6802	1	0,7823	0,5845	0,3215	-0,1104
	p=,109	p=,230	p=,333	p=,387	p=,000	p=,000	p= ---	p=,000	p=,001	p=,102	p=,583
DQOt(t/d)	0,1733	0,4965	-0,698	0,0019	0,7556	0,8806	0,7823	1	0,3266	0,6305	-0,3024
	p=,387	p=,008	p=,000	p=,992	p=,000	p=,000	p=,000	p= ---	p=,096	p=,000	p=,125

	DBOt (mg/L)	DBOt (t/d)	DBOm (mg/L)	DBOm (t/d)	DQOc (mg/L)	DQOc (t/d)	DQOt (mg/L)	DQOt (t/d)	COD (mg/L)	COD (t/d)	CIT (mg/L)
COD (mg/L)	0,4996	0,2511	-0,0374	-0,2343	0,6322	0,4109	0,5845	0,3266	1	0,5828	0,0526
	p=,008	p=,206	p=,853	p=,240	p=,000	p=,033	p=,001	p=,096	p= ---	p=,001	p=,795
COD (t/d)	0,1869	0,4914	-0,7032	0,0198	0,4769	0,6864	0,3215	0,6305	0,5828	1	-0,1549
	p=,351	p=,009	p=,000	p=,922	p=,012	p=,000	p=,102	p=,000	p=,001	p= ---	p=,440
CIT (mg/L)	0,0862	-0,1613	0,1251	-0,4924	0,06	-0,1333	-0,1104	-0,3024	0,0526	-0,1549	1
	p=,669	p=,422	p=,534	p=,009	p=,766	p=,507	p=,583	p=,125	p=,795	p=,440	p= ---
CDT (mg/L)	0,2777	-0,0435	0,0968	-0,5349	0,3074	0,0456	0,1356	-0,1395	0,4482	0,0953	0,9162
	p=,161	p=,830	p=,631	p=,004	p=,119	p=,821	p=,500	p=,488	p=,019	p=,637	p=,000
Pt (mg/L)	-0,0532	-0,3324	0,284	-0,2714	0,1422	-0,104	0,1297	-0,1582	0,1597	-0,2085	0,4733
	p=,792	p=,090	p=,151	p=,171	p=,479	p=,606	p=,519	p=,431	p=,426	p=,297	p=,013
Pt (t/d)	-0,0355	-0,1181	-0,0685	-0,251	0,3329	0,2094	0,2705	0,1524	0,2513	0,1244	0,3165
	p=,861	p=,557	p=,734	p=,207	p=,090	p=,295	p=,172	p=,448	p=,206	p=,536	p=,108
Pr (mg/L)	0,2449	0,0962	0,0686	-0,1614	0,2176	0,0956	0,0095	-0,0955	0,0581	-0,1156	0,6302
	p=,218	p=,633	p=,734	p=,421	p=,276	p=,635	p=,963	p=,636	p=,773	p=,566	p=,000
Pr(t/d)	0,2474	0,3735	-0,2714	-0,0116	0,3261	0,3885	0,0926	0,1883	0,0635	0,1692	0,2135
	p=,213	p=,055	p=,171	p=,954	p=,097	p=,045	p=,646	p=,347	p=,753	p=,399	p=,285
Nt (mg/L)	0,4307	0,1607	-0,0082	-0,3967	0,7492	0,4541	0,615	0,3109	0,5135	0,0788	0,5021
	p=,025	p=,423	p=,967	p=,040	p=,000	p=,017	p=,001	p=,115	p=,006	p=,696	p=,008
Nt (t/d)	0,253	0,6188	-0,8379	-0,1312	0,7295	0,9124	0,4995	0,808	0,2615	0,6672	-0,0108
	p=,203	p=,001	p=,000	p=,514	p=,000	p=,000	p=,008	p=,000	p=,188	p=,000	p=,957
Nam(mg/L)	0,2403	-0,2893	0,5454	-0,3674	0,214	-0,2044	0,1935	-0,3042	0,3219	-0,3539	0,6784
	p=,227	p=,143	p=,003	p=,059	p=,284	p=,306	p=,334	p=,123	p=,102	p=,070	p=,000
Nam (t/d)	0,3571	0,4128	-0,5367	-0,3504	0,7383	0,6975	0,5143	0,5762	0,4852	0,5731	0,385
	p=,067	p=,032	p=,004	p=,073	p=,000	p=,000	p=,006	p=,002	p=,010	p=,002	p=,047
Nitrito(mg/L)	-0,3835	-0,0394	-0,1497	0,306	-0,4675	-0,1781	-0,2947	-0,0141	-0,4221	-0,0004	-0,6153
	p=,048	p=,845	p=,456	p=,121	p=,014	p=,374	p=,136	p=,944	p=,028	p=,999	p=,001
Nitrito (t/d)	-0,3314	0,2563	-0,6281	0,2051	-0,2877	0,1587	-0,3004	0,2511	-0,4347	0,3315	-0,4742
	p=,091	p=,197	p=,000	p=,305	p=,146	p=,429	p=,128	p=,206	p=,023	p=,091	p=,012
Nitrato(mg/L)	-0,1973	-0,19	-0,1555	-0,2815	0,4556	0,3422	0,4395	0,3335	0,1994	0,1028	0,2832
	p=,324	p=,343	p=,439	p=,155	p=,017	p=,081	p=,022	p=,089	p=,319	p=,610	p=,152
Nitrato (t/d)	-0,2435	0,0407	-0,5247	-0,2173	0,4575	0,5412	0,3949	0,5493	0,1117	0,3611	0,0554
	p=,221	p=,840	p=,005	p=,276	p=,016	p=,004	p=,041	p=,003	p=,579	p=,064	p=,784

	DBOt (mg/L)	DBOt (t/d)	DBOm (mg/L)	DBOm (t/d)	DQOc (mg/L)	DQOc (t/d)	DQOt (mg/L)	DQOt (t/d)	COD (mg/L)	COD (t/d)	CIT (mg/L)
SS (mL/L)	-0,0026	-0,5028	0,749	-0,1064	-0,1096	-0,4646	0,0463	-0,4928	0,3296	-0,3149	0,1523
	p=,990	p=,008	p=,000	p=,597	p=,586	p=,015	p=,818	p=,009	p=,093	p=,110	p=,448
Vazão (m³/s)	-0,1455	0,4767	-0,8819	0,1444	0,0608	0,5108	-0,0789	0,5274	-0,1933	0,6403	-0,3495
	p=,469	p=,012	p=,000	p=,472	p=,763	p=,006	p=,696	p=,005	p=,334	p=,000	p=,074
Vazão (L/s)	-0,1455	0,4767	-0,8819	0,1444	0,0608	0,5108	-0,0789	0,5274	-0,1933	0,6403	-0,3495
	p=,469	p=,012	p=,000	p=,472	p=,763	p=,006	p=,696	p=,005	p=,334	p=,000	p=,074
UV_vis 254	0,5031	0,1161	0,1817	-0,5557	0,4684	0,1208	0,3951	-0,0464	0,6707	0,1028	0,3003
	p=,007	p=,564	p=,364	p=,003	p=,014	p=,548	p=,041	p=,818	p=,000	p=,610	p=,128
SUVA 254	0,5031	0,1161	0,1817	-0,5557	0,4684	0,1208	0,3951	-0,0464	0,6707	0,1028	0,3003
	p=,007	p=,564	p=,364	p=,003	p=,014	p=,548	p=,041	p=,818	p=,000	p=,610	p=,128
UV_vis 285	0,5544	0,187	0,1149	-0,5761	0,5511	0,2068	0,4494	0,028	0,6918	0,1356	0,3114
	p=,003	p=,350	p=,568	p=,002	p=,003	p=,301	p=,019	p=,890	p=,000	p=,500	p=,114
A_285/COD	-0,2455	-0,2965	0,3114	0,3577	-0,3864	-0,3592	-0,3324	-0,2694	-0,4867	-0,4583	0,1481
	p=,217	p=,133	p=,114	p=,067	p=,047	p=,066	p=,090	p=,174	p=,010	p=,016	p=,461
R 250/365	-0,5914	-0,4448	0,2557	0,6442	-0,7734	-0,5365	-0,6348	-0,3978	-0,5724	-0,2282	-0,2672
	p=,001	p=,020	p=,198	p=,000	p=,000	p=,004	p=,000	p=,040	p=,002	p=,252	p=,178
R 300/400	0,2363	0,2129	-0,2063	0,219	0,432	0,4252	0,3013	0,3636	0,3737	0,4501	0,0633
	p=,235	p=,286	p=,302	p=,272	p=,024	p=,027	p=,127	p=,062	p=,055	p=,018	p=,754
R 465/665	-0,238	-0,0355	-0,0529	0,6765	-0,1633	0,048	-0,0874	0,1662	-0,2465	0,0958	-0,3505
	p=,232	p=,861	p=,793	p=,000	p=,416	p=,812	p=,665	p=,407	p=,215	p=,635	p=,073

	CDT (mg/L)	Pt (mg/L)	Pt (t/d)	Pr (mg/L)	Pr (t/d)	Nt (mg/L)	Nt (t/d)	Nam (mg/L)	Nam (t/d)	Nitrito (mg/L)	Nitrito (t/d)	Nitrato (mg/L)
ST (mg/L)	-0,0539	-0,0035	-0,186	-0,3472	-0,4	-0,1982	-0,684	0,1902	-0,568	0,2156	-0,3222	-0,1849
	p=,790	p=,986	p=,353	p=,076	p=,037	p=,322	p=,000	p=,342	p=,002	p=,280	p=,101	p=,356
ST (t/d)	-0,0994	-0,0939	-0,203	-0,4312	-0,39	-0,2489	-0,567	0,0565	-0,513	0,3032	-0,1887	-0,1641
	p=,622	p=,641	p=,310	p=,025	p=,042	p=,211	p=,002	p=,779	p=,006	p=,124	p=,346	p=,413
STF (mg/L)	0,6343	0,5223	0,2966	0,6007	0,177	0,5032	-0,198	0,7357	0,1774	-0,5853	-0,6317	0,3375
	p=,000	p=,005	p=,133	p=,001	p=,377	p=,007	p=,323	p=,000	p=,376	p=,001	p=,000	p=,085
STF (t/d)	0,3299	0,1506	0,2924	0,4398	0,451	0,4083	0,6308	0,0579	0,5808	-0,2754	0,103	0,4982
	p=,093	p=,453	p=,139	p=,022	p=,018	p=,034	p=,000	p=,774	p=,001	p=,164	p=,609	p=,008
STV (mg/L)	-0,1632	-0,093	-0,239	-0,4547	-0,44	-0,287	-0,659	0,0667	-0,6059	0,3188	-0,2182	-0,2452
	p=,416	p=,645	p=,229	p=,017	p=,022	p=,147	p=,000	p=,741	p=,001	p=,105	p=,274	p=,218
STV (t/d)	-0,1602	-0,1165	-0,244	-0,4805	-0,45	-0,3108	-0,643	0,038	-0,5841	0,3305	-0,1909	-0,2544
	p=,425	p=,563	p=,219	p=,011	p=,019	p=,115	p=,000	p=,851	p=,001	p=,092	p=,340	p=,200
SST (mg/L)	-0,1664	-0,09	-0,235	-0,4439	-0,43	-0,282	-0,652	0,0661	-0,6052	0,3197	-0,2186	-0,2426
	p=,407	p=,655	p=,237	p=,020	p=,026	p=,154	p=,000	p=,743	p=,001	p=,104	p=,273	p=,223
SST (t/d)	-0,1914	-0,1129	-0,247	-0,4624	-0,43	-0,2948	-0,636	0,0374	-0,6042	0,3396	-0,1961	-0,2481
	p=,339	p=,575	p=,214	p=,015	p=,026	p=,136	p=,000	p=,853	p=,001	p=,083	p=,327	p=,212
SSF (mg/L)	0,1965	0,2197	0,0153	0,2416	-0,03	0,1757	-0,369	0,4371	-0,1405	-0,2469	-0,4688	-0,023
	p=,326	p=,271	p=,940	p=,225	p=,885	p=,381	p=,058	p=,023	p=,484	p=,214	p=,014	p=,909
SSF (t/d)	-0,0617	-0,0046	-0,034	0,2097	0,156	0,1922	0,0987	0,0968	0,082	-0,141	-0,1544	0,0321
	p=,760	p=,982	p=,866	p=,294	p=,437	p=,337	p=,624	p=,631	p=,684	p=,483	p=,442	p=,874
SSV (mg/L)	-0,1817	-0,1055	-0,24	-0,4667	-0,43	-0,2978	-0,64	0,0392	-0,6062	0,3407	-0,1922	-0,2452
	p=,364	p=,600	p=,227	p=,014	p=,024	p=,131	p=,000	p=,846	p=,001	p=,082	p=,337	p=,218
SSV (t/d)	-0,1857	-0,1118	-0,243	-0,4745	-0,44	-0,3067	-0,639	0,0301	-0,6062	0,3476	-0,1837	-0,2488
	p=,354	p=,579	p=,222	p=,012	p=,023	p=,120	p=,000	p=,881	p=,001	p=,076	p=,359	p=,211
SDT (mg/L)	0,5403	0,4667	0,2197	0,514	0,072	0,4593	-0,28	0,7309	0,1384	-0,6015	-0,698	0,3101
	p=,004	p=,014	p=,271	p=,006	p=,720	p=,016	p=,158	p=,000	p=,491	p=,001	p=,000	p=,115
SDT (t/d)	0,0499	-0,0969	0,1173	0,1418	0,242	0,1479	0,593	-0,1994	0,5429	-0,1401	0,2174	0,3211
	p=,805	p=,631	p=,560	p=,480	p=,224	p=,462	p=,001	p=,319	p=,003	p=,486	p=,276	p=,102
SDF (mg/L)	0,5599	0,4925	0,3219	0,6361	0,239	0,541	-0,021	0,6515	0,3101	-0,6248	-0,5769	0,4347
	p=,002	p=,009	p=,102	p=,000	p=,230	p=,004	p=,916	p=,000	p=,115	p=,000	p=,002	p=,023
SDF (t/d)	-0,0052	-0,0455	0,1631	0,2306	0,348	0,2182	0,6771	-0,2115	0,5166	-0,1135	0,2549	0,393
	p=,979	p=,822	p=,416	p=,247	p=,075	p=,274	p=,000	p=,290	p=,006	p=,573	p=,199	p=,043

	CDT (mg/L)	Pt (mg/L)	Pt (t/d)	Pr (mg/L)	Pr (t/d)	Nt (mg/L)	Nt (t/d)	Nam (mg/L)	Nam (t/d)	Nitrito (mg/L)	Nitrito (t/d)	Nitrato (mg/L)
SDV (mg/L)	0,1493	0,114	-0,119	-0,0514	-0,29	0,0076	-0,588	0,4068	-0,2796	-0,1654	-0,475	-0,1278
	p=,457	p=,571	p=,556	p=,799	p=,142	p=,970	p=,001	p=,035	p=,158	p=,410	p=,012	p=,525
SDV (t/d)	0,1121	-0,1066	-0,08	-0,1556	-0,18	-0,116	-0,111	0,0122	0,0997	-0,0692	-0,0609	-0,1076
	p=,578	p=,597	p=,692	p=,438	p=,362	p=,564	p=,583	p=,952	p=,621	p=,732	p=,763	p=,593
pH	-0,6837	-0,5726	-0,369	-0,6743	-0,28	-0,3932	0,1507	-0,6658	-0,2344	0,5802	0,4405	-0,2446
	p=,000	p=,002	p=,058	p=,000	p=,158	p=,042	p=,453	p=,000	p=,239	p=,002	p=,021	p=,219
Cond (µS/cm)	0,55	0,6158	0,303	0,6763	0,114	0,4935	-0,325	0,8437	0,1551	-0,7492	-0,7287	0,1918
	p=,003	p=,001	p=,124	p=,000	p=,573	p=,009	p=,098	p=,000	p=,440	p=,000	p=,000	p=,338
Turb (UNT)	-0,3214	-0,3728	-0,295	-0,6012	-0,25	-0,2405	-0,096	-0,3503	-0,3987	0,5627	0,2143	-0,1545
	p=,102	p=,055	p=,135	p=,001	p=,213	p=,227	p=,635	p=,073	p=,039	p=,002	p=,283	p=,442
Temp (°C)	0,6428	0,3543	0,477	0,3523	0,27	0,6985	0,4872	0,4661	0,8215	-0,6804	-0,4342	0,3958
	p=,000	p=,070	p=,012	p=,071	p=,174	p=,000	p=,010	p=,014	p=,000	p=,000	p=,024	p=,041
ODs(mg/L)	-0,7301	-0,5305	-0,488	-0,4224	-0,2	-0,7032	-0,175	-0,6717	-0,5254	0,6493	0,5502	-0,4754
	p=,000	p=,004	p=,010	p=,028	p=,310	p=,000	p=,383	p=,000	p=,005	p=,000	p=,003	p=,012
ODt (mg/L)	-0,6549	-0,5589	-0,369	-0,3643	-0,02	-0,5445	0,3119	-0,8301	-0,2288	0,6492	0,834	-0,2442
	p=,000	p=,002	p=,058	p=,062	p=,908	p=,003	p=,113	p=,000	p=,251	p=,000	p=,000	p=,220
DBOt (mg/L)	0,2777	-0,0532	-0,036	0,2449	0,247	0,4307	0,253	0,2403	0,3571	-0,3835	-0,3314	-0,1973
	p=,161	p=,792	p=,861	p=,218	p=,213	p=,025	p=,203	p=,227	p=,067	p=,048	p=,091	p=,324
DBOt (t/d)	-0,0435	-0,3324	-0,118	0,0962	0,374	0,1607	0,6188	-0,2893	0,4128	-0,0394	0,2563	-0,19
	p=,830	p=,090	p=,557	p=,633	p=,055	p=,423	p=,001	p=,143	p=,032	p=,845	p=,197	p=,343
DBOm(mg/L)	0,0968	0,284	-0,069	0,0686	-0,27	-0,0082	-0,838	0,5454	-0,5367	-0,1497	-0,6281	-0,1555
	p=,631	p=,151	p=,734	p=,734	p=,171	p=,967	p=,000	p=,003	p=,004	p=,456	p=,000	p=,439
DBOm (t/d)	-0,5349	-0,2714	-0,251	-0,1614	-0,01	-0,3967	-0,131	-0,3674	-0,3504	0,306	0,2051	-0,2815
	p=,004	p=,171	p=,207	p=,421	p=,954	p=,040	p=,514	p=,059	p=,073	p=,121	p=,305	p=,155
DQOc (mg/L)	0,3074	0,1422	0,3329	0,2176	0,326	0,7492	0,7295	0,214	0,7383	-0,4675	-0,2877	0,4556
	p=,119	p=,479	p=,090	p=,276	p=,097	p=,000	p=,000	p=,284	p=,000	p=,014	p=,146	p=,017
DQOc (t/d)	0,0456	-0,104	0,2094	0,0956	0,389	0,4541	0,9124	-0,2044	0,6975	-0,1781	0,1587	0,3422
	p=,821	p=,606	p=,295	p=,635	p=,045	p=,017	p=,000	p=,306	p=,000	p=,374	p=,429	p=,081
DQOt (mg/L)	0,1356	0,1297	0,2705	0,0095	0,093	0,615	0,4995	0,1935	0,5143	-0,2947	-0,3004	0,4395
	p=,500	p=,519	p=,172	p=,963	p=,646	p=,001	p=,008	p=,334	p=,006	p=,136	p=,128	p=,022
DQOt(t/d)	-0,1395	-0,1582	0,1524	-0,0955	0,188	0,3109	0,808	-0,3042	0,5762	-0,0141	0,2511	0,3335
	p=,488	p=,431	p=,448	p=,636	p=,347	p=,115	p=,000	p=,123	p=,002	p=,944	p=,206	p=,089

	CDT (mg/L)	Pt (mg/L)	Pt (t/d)	Pr (mg/L)	Pr (t/d)	Nt (mg/L)	Nt (t/d)	Nam (mg/L)	Nam (t/d)	Nitrito (mg/L)	Nitrito (t/d)	Nitrato (mg/L)
COD (mg/L)	0,4482	0,1597	0,2513	0,0581	0,064	0,5135	0,2615	0,3219	0,4852	-0,4221	-0,4347	0,1994
	p=,019	p=,426	p=,206	p=,773	p=,753	p=,006	p=,188	p=,102	p=,010	p=,028	p=,023	p=,319
COD (t/d)	0,0953	-0,2085	0,1244	-0,1156	0,169	0,0788	0,6672	-0,3539	0,5731	-0,0004	0,3315	0,1028
	p=,637	p=,297	p=,536	p=,566	p=,399	p=,696	p=,000	p=,070	p=,002	p=,999	p=,091	p=,610
CIT (mg/L)	0,9162	0,4733	0,3165	0,6302	0,214	0,5021	-0,011	0,6784	0,385	-0,6153	-0,4742	0,2832
	p=,000	p=,013	p=,108	p=,000	p=,285	p=,008	p=,957	p=,000	p=,047	p=,001	p=,012	p=,152
CDT (mg/L)	1	0,4877	0,3842	0,5875	0,217	0,6554	0,0954	0,7364	0,5394	-0,7202	-0,5988	0,3335
	p= ---	p=,010	p=,048	p=,001	p=,278	p=,000	p=,636	p=,000	p=,004	p=,000	p=,001	p=,089
Pt (mg/L)	0,4877	1	0,913	0,5298	0,188	0,5245	-0,072	0,7173	0,3734	-0,6292	-0,5889	0,6996
	p=,010	p= ---	p=,000	p=,004	p=,349	p=,005	p=,721	p=,000	p=,055	p=,000	p=,001	p=,000
Pt (t/d)	0,3842	0,913	1	0,4087	0,253	0,4833	0,2359	0,4597	0,558	-0,5076	-0,3384	0,7967
	p=,048	p=,000	p= ---	p=,034	p=,204	p=,011	p=,236	p=,016	p=,002	p=,007	p=,084	p=,000
Pr (mg/L)	0,5875	0,5298	0,4087	1	0,785	0,6519	0,222	0,6114	0,4121	-0,7148	-0,4605	0,3617
	p=,001	p=,004	p=,034	p= ---	p=,000	p=,000	p=,266	p=,001	p=,033	p=,000	p=,016	p=,064
Pr(t/d)	0,2167	0,1876	0,2526	0,7848	1	0,4095	0,4856	0,0993	0,3002	-0,3014	-0,0141	0,2729
	p=,278	p=,349	p=,204	p=,000	p= ---	p=,034	p=,010	p=,622	p=,128	p=,127	p=,944	p=,168
Nt (mg/L)	0,6554	0,5245	0,4833	0,6519	0,41	1	0,4559	0,7348	0,7188	-0,8662	-0,6831	0,5312
	p=,000	p=,005	p=,011	p=,000	p=,034	p= ---	p=,017	p=,000	p=,000	p=,000	p=,000	p=,004
Nt (t/d)	0,0954	-0,0719	0,2359	0,222	0,486	0,4559	1	-0,2236	0,7329	-0,1862	0,2919	0,3686
	p=,636	p=,721	p=,236	p=,266	p=,010	p=,017	p= ---	p=,262	p=,000	p=,352	p=,140	p=,058
Nam(mg/L)	0,7364	0,7173	0,4597	0,6114	0,099	0,7348	-0,224	1	0,3461	-0,8671	-0,9357	0,3599
	p=,000	p=,000	p=,016	p=,001	p=,622	p=,000	p=,262	p= ---	p=,077	p=,000	p=,000	p=,065
Nam (t/d)	0,5394	0,3734	0,558	0,4121	0,3	0,7188	0,7329	0,3461	1	-0,6901	-0,2534	0,5366
	p=,004	p=,055	p=,002	p=,033	p=,128	p=,000	p=,000	p=,077	p= ---	p=,000	p=,202	p=,004
Nitrito(mg/L)	-0,7202	-0,6292	-0,508	-0,7148	-0,3	-0,8662	-0,186	-0,8671	-0,6901	1	0,8064	-0,3982
	p=,000	p=,000	p=,007	p=,000	p=,127	p=,000	p=,352	p=,000	p=,000	p= ---	p=,000	p=,040
Nitrito (t/d)	-0,5988	-0,5889	-0,338	-0,4605	-0,01	-0,6831	0,2919	-0,9357	-0,2534	0,8064	1	-0,2394
	p=,001	p=,001	p=,084	p=,016	p=,944	p=,000	p=,140	p=,000	p=,202	p=,000	p= ---	p=,229
Nitrato(mg/L)	0,3335	0,6996	0,7967	0,3617	0,273	0,5312	0,3686	0,3599	0,5366	-0,3982	-0,2394	1
	p=,089	p=,000	p=,000	p=,064	p=,168	p=,004	p=,058	p=,065	p=,004	p=,040	p=,229	p= ---
Nitrato (t/d)	0,0945	0,418	0,663	0,1718	0,309	0,3145	0,616	-0,0518	0,5429	-0,1107	0,1845	0,895
	p=,639	p=,030	p=,000	p=,392	p=,117	p=,110	p=,001	p=,798	p=,003	p=,582	p=,357	p=,000

	CDT (mg/L)	Pt (mg/L)	Pt (t/d)	Pr (mg/L)	Pr (t/d)	Nt (mg/L)	Nt (t/d)	Nam (mg/L)	Nam (t/d)	Nitrito (mg/L)	Nitrito (t/d)	Nitrato (mg/L)
SS (mL/L)	0,2683	0,2536	0,0663	-0,1583	-0,33	0,0438	-0,631	0,4653	-0,2904	-0,1003	-0,5582	-0,0443
	p=,176	p=,202	p=,743	p=,430	p=,090	p=,828	p=,000	p=,014	p=,142	p=,619	p=,002	p=,826
Vazão (m³/s)	-0,3903	-0,4718	-0,128	-0,2698	0,152	-0,3734	0,6369	-0,8118	0,2033	0,4825	0,8834	-0,0571
	p=,044	p=,013	p=,524	p=,174	p=,448	p=,055	p=,000	p=,000	p=,309	p=,011	p=,000	p=,777
Vazão (L/s)	-0,3903	-0,4718	-0,128	-0,2698	0,152	-0,3734	0,6369	-0,8118	0,2033	0,4825	0,8834	-0,0571
	p=,044	p=,013	p=,524	p=,174	p=,448	p=,055	p=,000	p=,000	p=,309	p=,011	p=,000	p=,777
UV_vis 254	0,5379	0,2665	0,258	0,0487	-0	0,4885	0,0244	0,4725	0,2807	-0,3544	-0,5139	0,1977
	p=,004	p=,179	p=,194	p=,809	p=,985	p=,010	p=,904	p=,013	p=,156	p=,070	p=,006	p=,323
SUVA 254	0,5379	0,2665	0,258	0,0487	-0	0,4885	0,0244	0,4725	0,2807	-0,3544	-0,5139	0,1977
	p=,004	p=,179	p=,194	p=,809	p=,985	p=,010	p=,904	p=,013	p=,156	p=,070	p=,006	p=,323
UV_vis 285	0,5562	0,2792	0,2868	0,1038	0,051	0,5653	0,1172	0,4881	0,3664	-0,415	-0,525	0,2471
	p=,003	p=,158	p=,147	p=,606	p=,799	p=,002	p=,560	p=,010	p=,060	p=,031	p=,005	p=,214
A_285/COD	-0,0627	0,1861	-0,037	0,3856	0,05	-0,0164	-0,298	0,2446	-0,1615	-0,2385	-0,2105	-0,0722
	p=,756	p=,353	p=,855	p=,047	p=,806	p=,935	p=,131	p=,219	p=,421	p=,231	p=,292	p=,720
R 250/365	-0,4689	-0,2383	-0,344	-0,2219	-0,25	-0,7046	-0,518	-0,3499	-0,5944	0,4235	0,3201	-0,4359
	p=,014	p=,231	p=,079	p=,266	p=,207	p=,000	p=,006	p=,074	p=,001	p=,028	p=,104	p=,023
R 300/400	0,2067	0,2486	0,3476	0,2901	0,188	0,4027	0,3323	0,2473	0,6226	-0,5784	-0,339	0,1688
	p=,301	p=,211	p=,076	p=,142	p=,347	p=,037	p=,090	p=,214	p=,001	p=,002	p=,084	p=,400
R 465/665	-0,4127	-0,2506	-0,186	-0,2151	-0,12	-0,356	-0,041	-0,3611	-0,1677	0,2368	0,2383	-0,2081
	p=,032	p=,207	p=,353	p=,281	p=,548	p=,068	p=,840	p=,064	p=,403	p=,234	p=,231	p=,297

	Nitrato (t/d)	SS (mL/L)	Vazão (m³/s)	Vazão (L/s)	UV_vis 254	SUVA 254	UV_vis 285	A_285/COD	R 250/365	R 300/400	R 465/665
ST (mg/L)	-0,3876	0,862	-0,6098	-0,6098	0,4328	0,4328	0,3532	-0,2431	-0,0018	-0,4551	-0,1567
	p=,046	p=,000	p=,001	p=,001	p=,024	p=,024	p=,071	p=,222	p=,993	p=,017	p=,435
ST (t/d)	-0,2943	0,8177	-0,4475	-0,4475	0,4369	0,4369	0,3579	-0,3793	-0,0283	-0,4431	-0,119
	p=,136	p=,000	p=,019	p=,019	p=,023	p=,023	p=,067	p=,051	p=,888	p=,021	p=,555
STF (mg/L)	0,0323	0,2382	-0,5964	-0,5964	0,2039	0,2039	0,212	0,3523	-0,1616	0,0663	-0,2177
	p=,873	p=,232	p=,001	p=,001	p=,308	p=,308	p=,288	p=,071	p=,421	p=,743	p=,275
STF (t/d)	0,5969	-0,5034	0,3329	0,3329	-0,0627	-0,0627	0,005	0,0247	-0,3278	0,1967	-0,0603
	p=,001	p=,007	p=,090	p=,090	p=,756	p=,756	p=,980	p=,903	p=,095	p=,325	p=,765
STV (mg/L)	-0,3983	0,8326	-0,5157	-0,5157	0,4036	0,4036	0,3215	-0,3067	0,0259	-0,4725	-0,1215
	p=,040	p=,000	p=,006	p=,006	p=,037	p=,037	p=,102	p=,120	p=,898	p=,013	p=,546
STV (t/d)	-0,3921	0,8398	-0,472	-0,472	0,4041	0,4041	0,3188	-0,3445	0,0455	-0,4386	-0,0933
	p=,043	p=,000	p=,013	p=,013	p=,037	p=,037	p=,105	p=,079	p=,822	p=,022	p=,643
SST (mg/L)	-0,3949	0,8151	-0,5176	-0,5176	0,3971	0,3971	0,3171	-0,2866	0,0156	-0,4787	-0,1235
	p=,042	p=,000	p=,006	p=,006	p=,040	p=,040	p=,107	p=,147	p=,938	p=,012	p=,539
SST (t/d)	-0,3878	0,796	-0,4931	-0,4931	0,3846	0,3846	0,3061	-0,2932	0,0149	-0,4782	-0,1134
	p=,046	p=,000	p=,009	p=,009	p=,048	p=,048	p=,120	p=,138	p=,941	p=,012	p=,573
SSF (mg/L)	-0,2533	0,2923	-0,5506	-0,5506	0,1409	0,1409	0,1241	0,3213	-0,0055	-0,038	-0,09
	p=,202	p=,139	p=,003	p=,003	p=,483	p=,483	p=,537	p=,102	p=,978	p=,851	p=,655
SSF (t/d)	-0,0045	-0,2467	-0,1163	-0,1163	-0,1201	-0,1201	-0,0798	0,3457	-0,1025	0,1065	0,0388
	p=,982	p=,215	p=,563	p=,563	p=,551	p=,551	p=,692	p=,077	p=,611	p=,597	p=,847
SSV (mg/L)	-0,3852	0,8099	-0,4909	-0,4909	0,3946	0,3946	0,3144	-0,3119	0,0162	-0,4842	-0,1198
	p=,047	p=,000	p=,009	p=,009	p=,042	p=,042	p=,110	p=,113	p=,936	p=,010	p=,552
SSV (t/d)	-0,3849	0,8086	-0,4815	-0,4815	0,3907	0,3907	0,3099	-0,3163	0,0222	-0,4828	-0,1154
	p=,047	p=,000	p=,011	p=,011	p=,044	p=,044	p=,116	p=,108	p=,912	p=,011	p=,566
SDT (mg/L)	-0,0296	0,2742	-0,6449	-0,6449	0,0772	0,0772	0,0816	0,4452	0,0224	0,225	-0,0432
	p=,884	p=,166	p=,000	p=,000	p=,702	p=,702	p=,686	p=,020	p=,912	p=,259	p=,831
SDT (t/d)	0,4804	-0,5426	0,5148	0,5148	-0,3504	-0,3504	-0,2959	0,0962	0,0679	0,5495	0,3744
	p=,011	p=,003	p=,006	p=,006	p=,073	p=,073	p=,134	p=,633	p=,736	p=,003	p=,054
SDF (mg/L)	0,1684	-0,0314	-0,4561	-0,4561	-0,0449	-0,0449	-0,0067	0,5345	-0,0739	0,2759	-0,0271
	p=,401	p=,877	p=,017	p=,017	p=,824	p=,824	p=,974	p=,004	p=,714	p=,164	p=,893
SDF (t/d)	0,5667	-0,7268	0,5078	0,5078	-0,4058	-0,4058	-0,3262	0,2134	-0,0607	0,3965	0,2737
	p=,002	p=,000	p=,007	p=,007	p=,036	p=,036	p=,097	p=,285	p=,764	p=,041	p=,167

	Nitrato (t/d)	SS (mL/L)	Vazão (m³/s)	Vazão (L/s)	UV_vis 254	SUVA 254	UV_vis 285	A_285/COD	R 250/365	R 300/400	R 465/665
SDV (mg/L)	-0,3863	0,6732	-0,5867	-0,5867	0,2586	0,2586	0,1966	-0,012	0,1872	-0,0229	-0,0489
	p=,047	p=,000	p=,001	p=,001	p=,193	p=,193	p=,326	p=,953	p=,350	p=,910	p=,809
SDV (t/d)	-0,1245	0,3072	0,0516	0,0516	0,0762	0,0762	0,0335	-0,2138	0,2516	0,3439	0,2262
	p=,536	p=,119	p=,798	p=,798	p=,706	p=,706	p=,868	p=,284	p=,206	p=,079	p=,257
pH	-0,0056	-0,1268	0,3832	0,3832	-0,1473	-0,1473	-0,1542	-0,2968	0,1232	0,0491	0,4601
	p=,978	p=,529	p=,048	p=,048	p=,463	p=,463	p=,442	p=,133	p=,540	p=,808	p=,016
Cond (µS/cm)	-0,1677	0,1516	-0,6736	-0,6736	-0,0219	-0,0219	-0,0068	0,675	0,0795	0,2217	-0,154
	p=,403	p=,450	p=,000	p=,000	p=,914	p=,914	p=,973	p=,000	p=,693	p=,266	p=,443
Turb (UNT)	-0,0586	0,393	-0,0082	-0,0082	0,4544	0,4544	0,4115	-0,7132	-0,3203	-0,5272	-0,2048
	p=,772	p=,043	p=,968	p=,968	p=,017	p=,017	p=,033	p=,000	p=,103	p=,005	p=,306
Temp (°C)	0,3169	0,1947	-0,0451	-0,0451	0,6566	0,6566	0,7006	-0,4643	-0,6661	0,546	-0,2654
	p=,107	p=,330	p=,823	p=,823	p=,000	p=,000	p=,000	p=,015	p=,000	p=,003	p=,181
ODs(mg/L)	-0,2877	-0,4	0,3693	0,3693	-0,7895	-0,7895	-0,8169	0,4177	0,7515	-0,0457	0,5848
	p=,146	p=,039	p=,058	p=,058	p=,000	p=,000	p=,000	p=,030	p=,000	p=,821	p=,001
ODt (mg/L)	0,1146	-0,7119	0,7542	0,7542	-0,7264	-0,7264	-0,7098	0,1433	0,4315	-0,1304	0,5202
	p=,569	p=,000	p=,000	p=,000	p=,000	p=,000	p=,000	p=,476	p=,025	p=,517	p=,005
DBOt (mg/L)	-0,2435	-0,0026	-0,1455	-0,1455	0,5031	0,5031	0,5544	-0,2455	-0,5914	0,2363	-0,238
	p=,221	p=,990	p=,469	p=,469	p=,007	p=,007	p=,003	p=,217	p=,001	p=,235	p=,232
DBOt (t/d)	0,0407	-0,5028	0,4767	0,4767	0,1161	0,1161	0,187	-0,2965	-0,4448	0,2129	-0,0355
	p=,840	p=,008	p=,012	p=,012	p=,564	p=,564	p=,350	p=,133	p=,020	p=,286	p=,861
DBOm(mg/L)	-0,5247	0,749	-0,8819	-0,8819	0,1817	0,1817	0,1149	0,3114	0,2557	-0,2063	-0,0529
	p=,005	p=,000	p=,000	p=,000	p=,364	p=,364	p=,568	p=,114	p=,198	p=,302	p=,793
DBOm (t/d)	-0,2173	-0,1064	0,1444	0,1444	-0,5557	-0,5557	-0,5761	0,3577	0,6442	0,219	0,6765
	p=,276	p=,597	p=,472	p=,472	p=,003	p=,003	p=,002	p=,067	p=,000	p=,272	p=,000
DQOc (mg/L)	0,4575	-0,1096	0,0608	0,0608	0,4684	0,4684	0,5511	-0,3864	-0,7734	0,432	-0,1633
	p=,016	p=,586	p=,763	p=,763	p=,014	p=,014	p=,003	p=,047	p=,000	p=,024	p=,416
DQOc (t/d)	0,5412	-0,4646	0,5108	0,5108	0,1208	0,1208	0,2068	-0,3592	-0,5365	0,4252	0,048
	p=,004	p=,015	p=,006	p=,006	p=,548	p=,548	p=,301	p=,066	p=,004	p=,027	p=,812
DQOt (mg/L)	0,3949	0,0463	-0,0789	-0,0789	0,3951	0,3951	0,4494	-0,3324	-0,6348	0,3013	-0,0874
	p=,041	p=,818	p=,696	p=,696	p=,041	p=,041	p=,019	p=,090	p=,000	p=,127	p=,665
DQOt(t/d)	0,5493	-0,4928	0,5274	0,5274	-0,0464	-0,0464	0,028	-0,2694	-0,3978	0,3636	0,1662
	p=,003	p=,009	p=,005	p=,005	p=,818	p=,818	p=,890	p=,174	p=,040	p=,062	p=,407

	Nitrato (t/d)	SS (mL/L)	Vazão (m³/s)	Vazão (L/s)	UV_vis 254	SUVA 254	UV_vis 285	A_285/COD	R 250/365	R 300/400	R 465/665
COD (mg/L)	0,1117	0,3296	-0,1933	-0,1933	0,6707	0,6707	0,6918	-0,4867	-0,5724	0,3737	-0,2465
	p=,579	p=,093	p=,334	p=,334	p=,000	p=,000	p=,000	p=,010	p=,002	p=,055	p=,215
COD (t/d)	0,3611	-0,3149	0,6403	0,6403	0,1028	0,1028	0,1356	-0,4583	-0,2282	0,4501	0,0958
	p=,064	p=,110	p=,000	p=,000	p=,610	p=,610	p=,500	p=,016	p=,252	p=,018	p=,635
CIT (mg/L)	0,0554	0,1523	-0,3495	-0,3495	0,3003	0,3003	0,3114	0,1481	-0,2672	0,0633	-0,3505
	p=,784	p=,448	p=,074	p=,074	p=,128	p=,128	p=,114	p=,461	p=,178	p=,754	p=,073
CDT (mg/L)	0,0945	0,2683	-0,3903	-0,3903	0,5379	0,5379	0,5562	-0,0627	-0,4689	0,2067	-0,4127
	p=,639	p=,176	p=,044	p=,044	p=,004	p=,004	p=,003	p=,756	p=,014	p=,301	p=,032
Pt (mg/L)	0,418	0,2536	-0,4718	-0,4718	0,2665	0,2665	0,2792	0,1861	-0,2383	0,2486	-0,2506
	p=,030	p=,202	p=,013	p=,013	p=,179	p=,179	p=,158	p=,353	p=,231	p=,211	p=,207
Pt (t/d)	0,663	0,0663	-0,1281	-0,1281	0,258	0,258	0,2868	-0,037	-0,3444	0,3476	-0,1858
	p=,000	p=,743	p=,524	p=,524	p=,194	p=,194	p=,147	p=,855	p=,079	p=,076	p=,353
Pr (mg/L)	0,1718	-0,1583	-0,2698	-0,2698	0,0487	0,0487	0,1038	0,3856	-0,2219	0,2901	-0,2151
	p=,392	p=,430	p=,174	p=,174	p=,809	p=,809	p=,606	p=,047	p=,266	p=,142	p=,281
Pr(t/d)	0,3089	-0,3326	0,1523	0,1523	-0,0038	-0,0038	0,0513	0,0496	-0,2508	0,1882	-0,1209
	p=,117	p=,090	p=,448	p=,448	p=,985	p=,985	p=,799	p=,806	p=,207	p=,347	p=,548
Nt (mg/L)	0,3145	0,0438	-0,3734	-0,3734	0,4885	0,4885	0,5653	-0,0164	-0,7046	0,4027	-0,356
	p=,110	p=,828	p=,055	p=,055	p=,010	p=,010	p=,002	p=,935	p=,000	p=,037	p=,068
Nt (t/d)	0,616	-0,6308	0,6369	0,6369	0,0244	0,0244	0,1172	-0,2981	-0,518	0,3323	-0,0409
	p=,001	p=,000	p=,000	p=,000	p=,904	p=,904	p=,560	p=,131	p=,006	p=,090	p=,840
Nam(mg/L)	-0,0518	0,4653	-0,8118	-0,8118	0,4725	0,4725	0,4881	0,2446	-0,3499	0,2473	-0,3611
	p=,798	p=,014	p=,000	p=,000	p=,013	p=,013	p=,010	p=,219	p=,074	p=,214	p=,064
Nam (t/d)	0,5429	-0,2904	0,2033	0,2033	0,2807	0,2807	0,3664	-0,1615	-0,5944	0,6226	-0,1677
	p=,003	p=,142	p=,309	p=,309	p=,156	p=,156	p=,060	p=,421	p=,001	p=,001	p=,403
Nitrito(mg/L)	-0,1107	-0,1003	0,4825	0,4825	-0,3544	-0,3544	-0,415	-0,2385	0,4235	-0,5784	0,2368
	p=,582	p=,619	p=,011	p=,011	p=,070	p=,070	p=,031	p=,231	p=,028	p=,002	p=,234
Nitrito (t/d)	0,1845	-0,5582	0,8834	0,8834	-0,5139	-0,5139	-0,525	-0,2105	0,3201	-0,339	0,2383
	p=,357	p=,002	p=,000	p=,000	p=,006	p=,006	p=,005	p=,292	p=,104	p=,084	p=,231
Nitrato(mg/L)	0,895	-0,0443	-0,0571	-0,0571	0,1977	0,1977	0,2471	-0,0722	-0,4359	0,1688	-0,2081
	p=,000	p=,826	p=,777	p=,777	p=,323	p=,323	p=,214	p=,720	p=,023	p=,400	p=,297
Nitrato (t/d)	1	-0,3326	0,3798	0,3798	0,0281	0,0281	0,0854	-0,2272	-0,3894	0,1183	-0,1023
	p= ---	p=,090	p=,051	p=,051	p=,889	p=,889	p=,672	p=,254	p=,045	p=,557	p=,612

	Nitrato (t/d)	SS (mL/L)	Vazão (m³/s)	Vazão (L/s)	UV_vis 254	SUVA 254	UV_vis 285	A_285/COD	R 250/365	R 300/400	R 465/665
SS (mL/L)	-0,3326	1	-0,7136	-0,7136	0,662	0,662	0,5831	-0,3247	-0,1317	-0,1994	-0,261
	p=,090	p= ---	p=,000	p=,000	p=,000	p=,000	p=,001	p=,098	p=,512	p=,319	p=,189
Vazão (m³/s)	0,3798	-0,7136	1	1	-0,4255	-0,4255	-0,396	-0,2574	0,1066	0,0395	0,2459
	p=,051	p=,000	p= ---	p=0,00	p=,027	p=,027	p=,041	p=,195	p=,597	p=,845	p=,216
Vazão (L/s)	0,3798	-0,7136	1	1	-0,4255	-0,4255	-0,396	-0,2574	0,1066	0,0395	0,2459
	p=,051	p=,000	p= ---	p= ---	p=,027	p=,027	p=,041	p=,195	p=,597	p=,845	p=,216
UV_vis 254	0,0281	0,662	-0,4255	-0,4255	1	1	0,9924	-0,6844	-0,7783	-0,0477	-0,5631
	p=,889	p=,000	p=,027	p=,027	p= ---	p= ---	p=0,00	p=,000	p=,000	p=,813	p=,002
SUVA 254	0,0281	0,662	-0,4255	-0,4255	1	1	0,9924	-0,6844	-0,7783	-0,0477	-0,5631
	p=,889	p=,000	p=,027	p=,027	p= ---	p= ---	p=0,00	p=,000	p=,000	p=,813	p=,002
UV_vis 285	0,0854	0,5831	-0,396	-0,396	0,9924	0,9924	1	-0,6666	-0,8402	0,0004	-0,569
	p=,672	p=,001	p=,041	p=,041	p=0,00	p=0,00	p= ---	p=,000	p=,000	p=,999	p=,002
A_285/COD	-0,2272	-0,3247	-0,2574	-0,2574	-0,6844	-0,6844	-0,6666	1	0,5814	0,1944	0,3133
	p=,254	p=,098	p=,195	p=,195	p=,000	p=,000	p=,000	p= ---	p=,001	p=,331	p=,112
R 250/365	-0,3894	-0,1317	0,1066	0,1066	-0,7783	-0,7783	-0,8402	0,5814	1	0,0164	0,6008
	p=,045	p=,512	p=,597	p=,597	p=,000	p=,000	p=,000	p=,001	p= ---	p=,935	p=,001
R 300/400	0,1183	-0,1994	0,0395	0,0395	-0,0477	-0,0477	0,0004	0,1944	0,0164	1	0,4363
	p=,557	p=,319	p=,845	p=,845	p=,813	p=,813	p=,999	p=,331	p=,935	p= ---	p=,023
R 465/665	-0,1023	-0,261	0,2459	0,2459	-0,5631	-0,5631	-0,569	0,3133	0,6008	0,4363	1
	p=,612	p=,189	p=,216	p=,216	p=,002	p=,002	p=,002	p=,112	p=,001	p=,023	p= ---

Apêndice III

Dados Auxiliares da Análise Estatística e Gráficos dos Parâmetros na Unidade
de Concentração (mg/L)

Figura AIV.1 – Condutividade: ANOVA entre pontos.

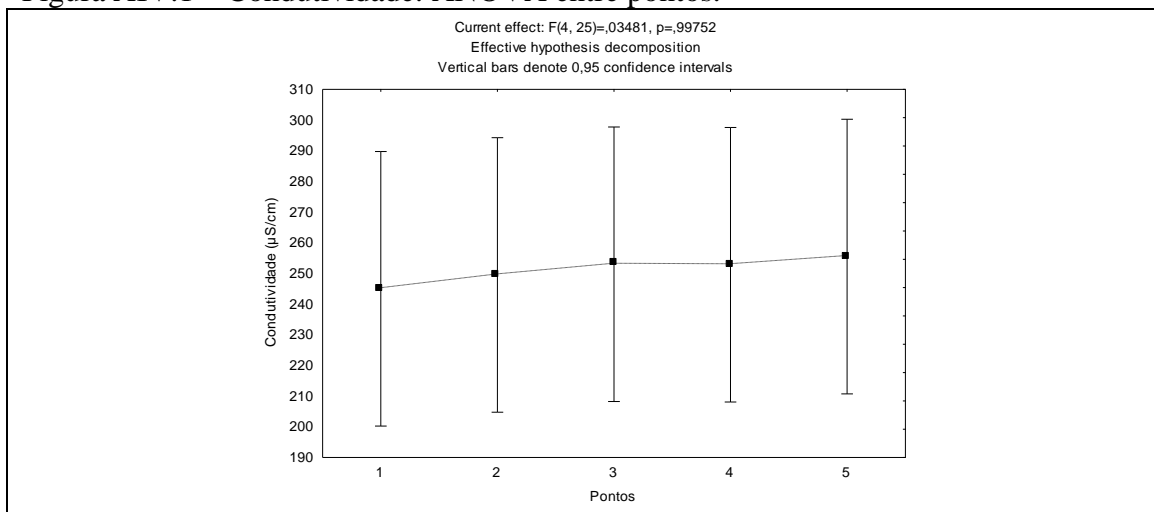


Figura AIV.2 – Turbidez: ANOVA entre pontos.

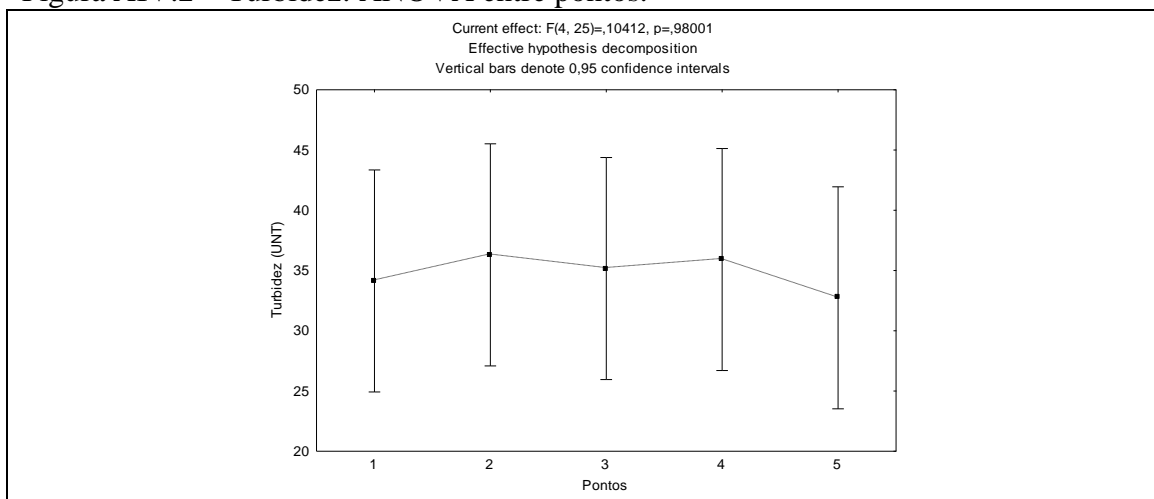


Figura AIV.3 – pH: ANOVA entre pontos.

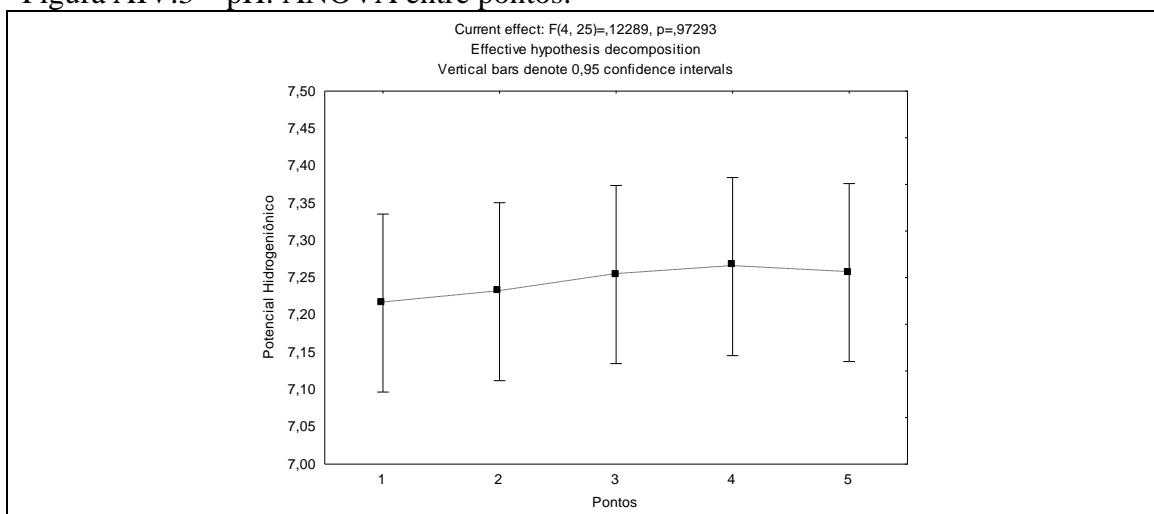


Figura AIV.4 – Nitrogênio total: ANOVA entre pontos.

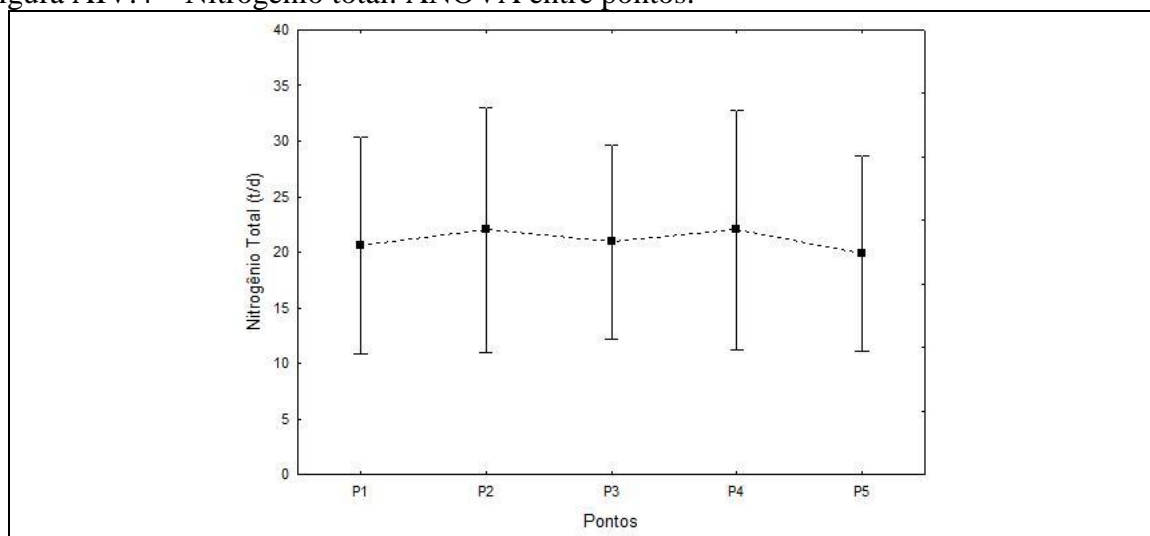


Figura AIV.5 – Nitrogênio amoniacal: ANOVA entre pontos.

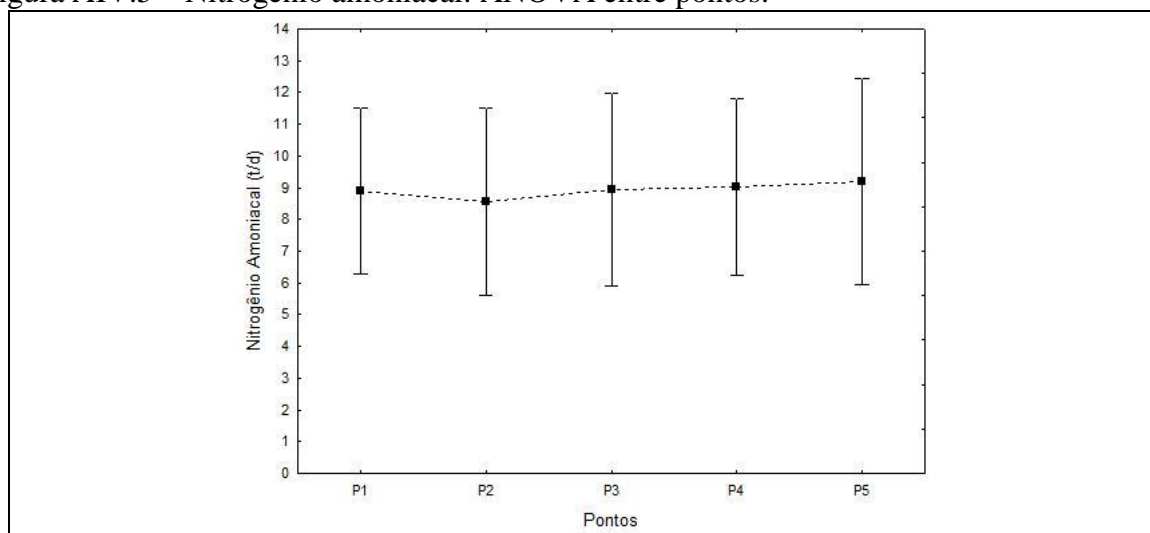


Figura AIV.6 – Nitrito: ANOVA entre pontos.

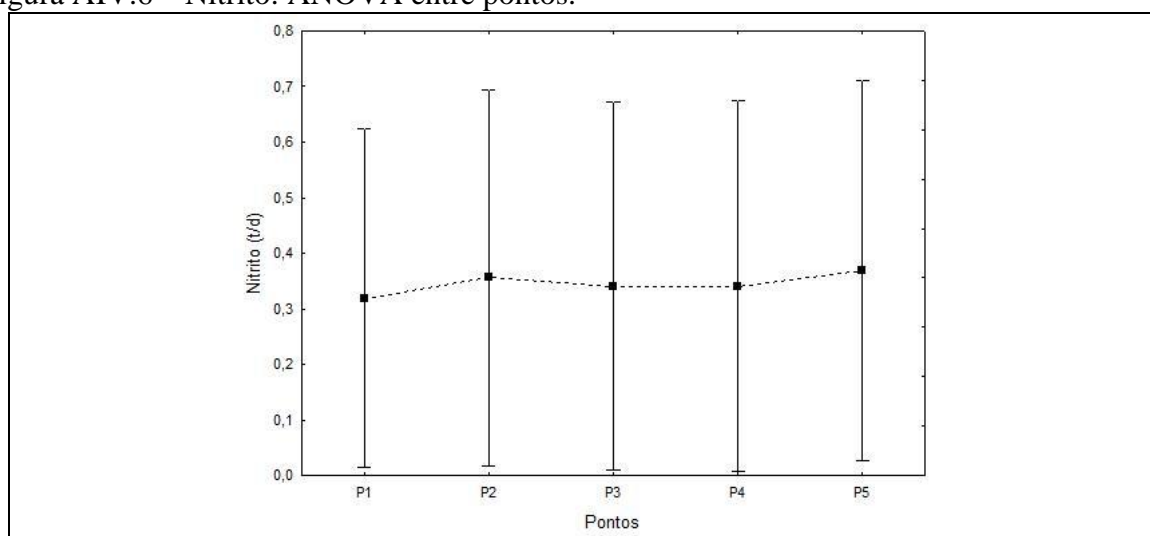


Figura AIV.7 – Nitrato: ANOVA entre pontos.

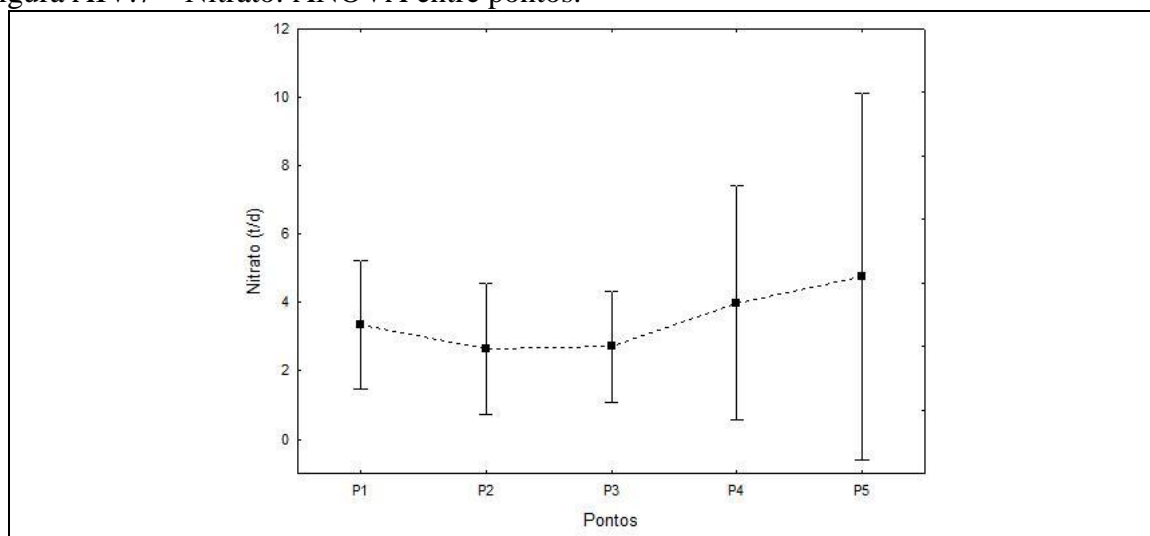


Figura AVI.8 – Fósforo total: ANOVA entre pontos.

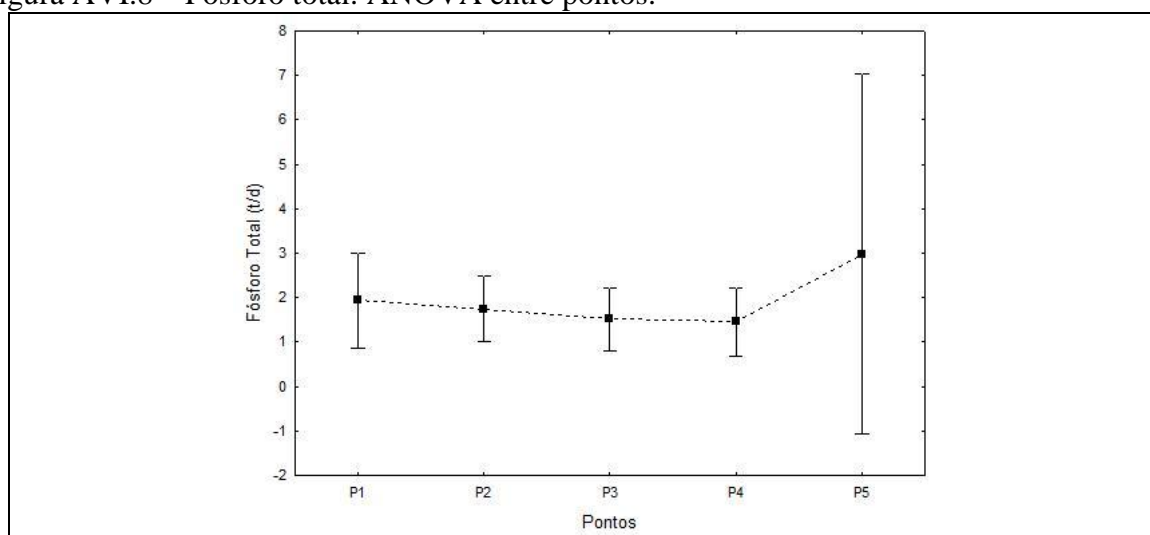


Figura AIV.9 – Fósforo reativo: ANOVA entre pontos.

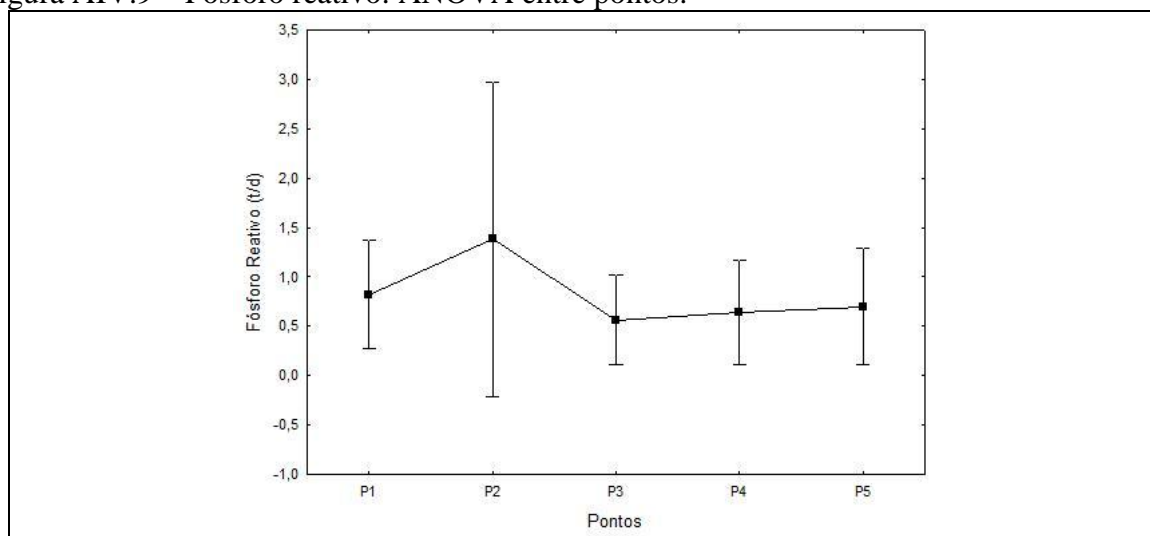


Figura AIV.10 – Fósforo total: ANOVA entre coletas.

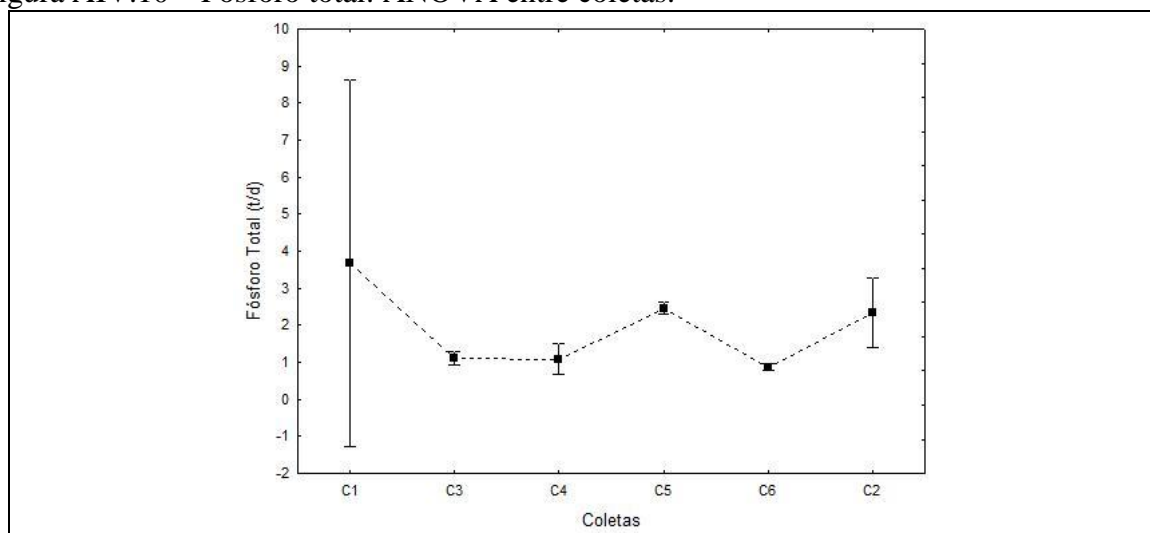


Figura AIV.11 – Fósforo reativo: ANOVA entre coletas.

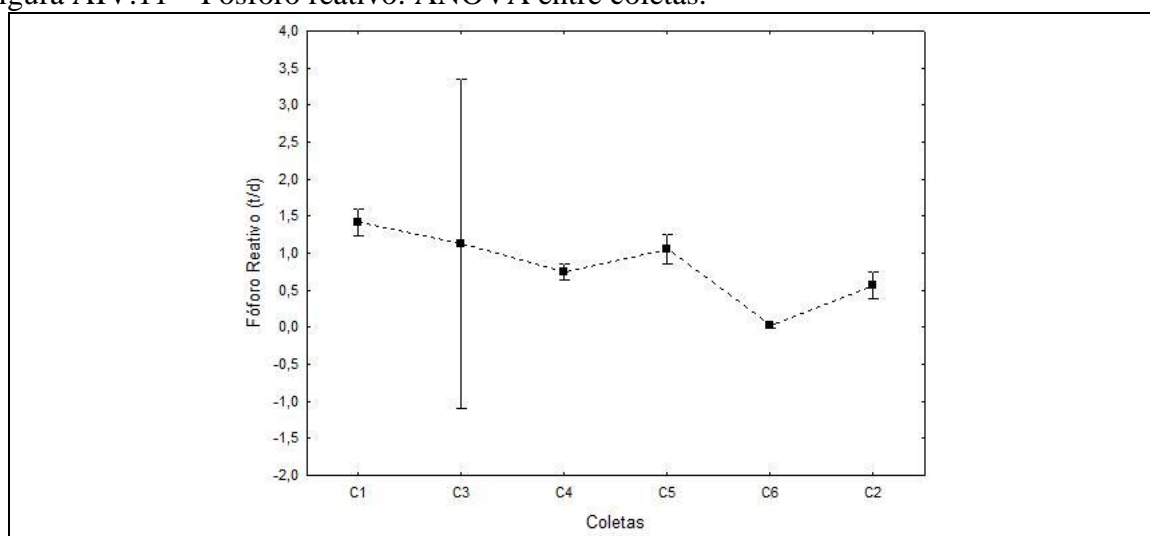


Figura AIV.12 – SST: ANOVA entre pontos.

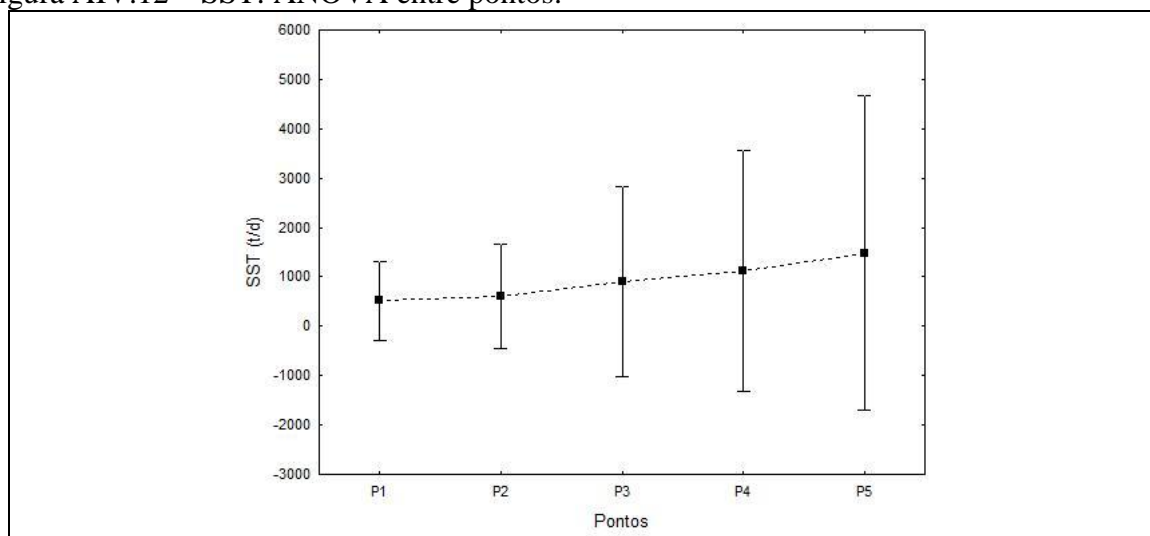


Figura AIV.13 – SDT: ANOVA entre pontos.

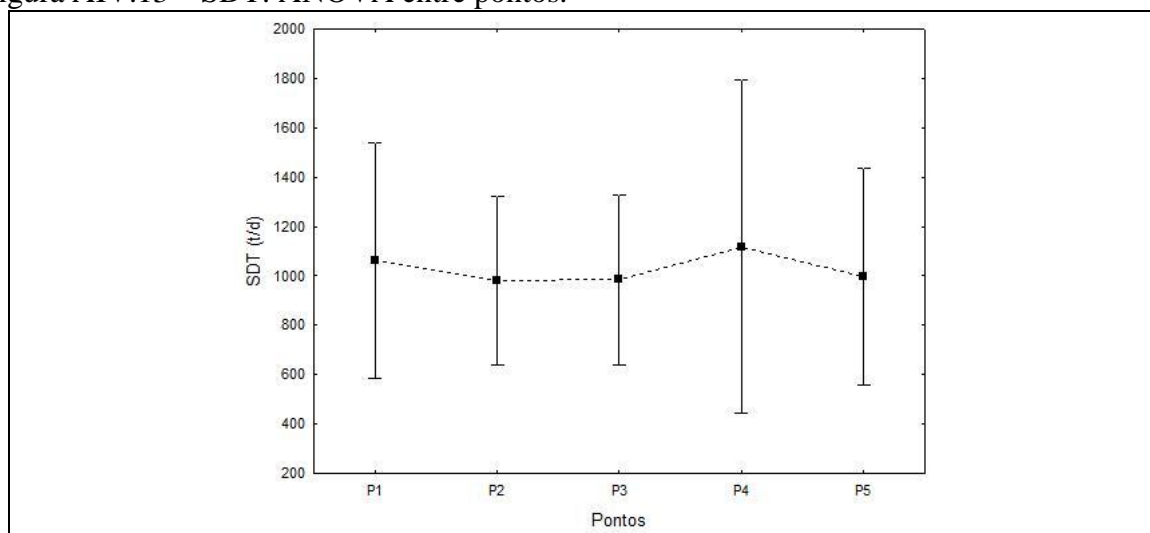


Tabela AIV.1 – Teste Tukey entre os pontos segundo as metodologias de DBO titulométrica (Px) e manométrica (Pxa).

	P1	P1a	P2	P2a	P3	P3a	P4	P4a	P5	P5a
P1		0,942636	1,000000	0,983650	0,999986	0,949936	0,999831	0,924377	0,987326	0,923009
P1a	0,942636		0,939816	1,000000	0,996573	1,000000	0,999254	1,000000	1,000000	1,000000
P2	1,000000	0,939816		0,982515	0,999983	0,947367	0,999805	0,920983	0,986388	0,919582
P2a	0,983650	1,000000	0,982515		0,999722	1,000000	0,999972	1,000000	1,000000	0,999999
P3	0,999986	0,996573	0,999983	0,999722		0,997369	1,000000	0,994160	0,999835	0,993959
P3a	0,949936	1,000000	0,947367	1,000000	0,997369		0,999467	1,000000	1,000000	1,000000
P4	0,999831	0,999254	0,999805	0,999972	1,000000	0,999467		0,998503	0,999986	0,998437
P4a	0,924377	1,000000	0,920983	1,000000	0,994160	1,000000	0,998503		0,999999	1,000000
P5	0,987326	1,000000	0,986388	1,000000	0,999835	1,000000	0,999986	0,999999		0,999999
P5a	0,923009	1,000000	0,919582	0,999999	0,993959	1,000000	0,998437	1,000000	0,999999	

Tabela AIV.2 – Teste Tukey entre as coletas segundo as metodologias de DBO titulométrica (Cx) e manométrica (Cxa).

	C1	C1a	C2	C2a	C3	C3a	C4	C4a	C5	C5a	C6	C6a
C1		0,000249	0,004942	0,058996	0,997348	0,000659	0,775296	0,022168	0,000133	0,001743	0,00014	0,002064
C1a	0,000249		0,993835	0,703767	0,00366	1	0,043679	0,897073	0,999759	0,999806	0,999983	0,999614
C2	0,004942	0,993835		0,998963	0,074851	0,999914	0,427259	0,999995	0,781665	1	0,871583	1
C2a	0,058996	0,703767	0,998963		0,437632	0,909158	0,931542	1	0,237705	0,983138	0,328144	0,988246
C3	0,997348	0,00366	0,074851	0,437632		0,011982	0,999124	0,23346	0,000406	0,031005	0,00066	0,035979
C3a	0,000659	1	0,999914	0,909158	0,011982		0,116726	0,985986	0,989247	1	0,99736	1
C4	0,775296	0,043679	0,427259	0,931542	0,999124	0,116726		0,766835	0,005108	0,238131	0,00865	0,264454
C4a	0,022168	0,897073	0,999995	1	0,23346	0,985986	0,766835		0,443664	0,999215	0,562381	0,999578
C5	0,000133	0,999759	0,781665	0,237705	0,000406	0,989247	0,005108	0,443664		0,931269	1	0,91369
C5a	0,001743	0,999806	1	0,983138	0,031005	1	0,238131	0,999215	0,931269		0,970961	1
C6	0,00014	0,999983	0,871583	0,328144	0,00066	0,99736	0,00865	0,562381	1	0,970961		0,961104
C6a	0,002064	0,999614	1	0,988246	0,035979	1	0,264454	0,999578	0,91369	1	0,961104	

Tabela AIV.3 – Teste Tukey entre os pontos segundo as metodologias de DQO titulométrica (Px) e colorimétrica (Pxa).

	P1	P1a	P2	P2a	P3	P3a	P4	P4a	P5	P5a
P1		1	0,99946	0,999368	1	1	0,999947	0,999983	0,999985	1
P1a	1		0,999875	0,999849	1	1	0,999994	0,999999	0,999999	1
P2	0,99946	0,999875		1	0,999632	0,999982	1	1	1	0,999937
P2a	0,999368	0,999849	1		0,999565	0,999977	1	1	1	0,999922
P3	1	1	0,999632	0,999565		1	0,999969	0,999991	0,999992	1
P3a	1	1	0,999982	0,999977	1		1	1	1	1
P4	0,999947	0,999994	1	1	0,999969	1		1	1	0,999998
P4a	0,999983	0,999999	1	1	0,999991	1	1		1	1
P5	0,999985	0,999999	1	1	0,999992	1	1	1		1
P5a	1	1	0,999937	0,999922	1	1	0,999998	1	1	

Tabela AIV.4 – Teste Tukey entre as coletas segundo as metodologias de DQO titulométrica (Cx) e colorimétrica (Cxa).

	C1	C1a	C2	C2a	C3	C3a	C4	C4a	C5	C5a	C6	C6a
C1		0,776095	0,231384	0,318360	0,394333	0,326390	1,000000	0,999984	0,000126	0,000126	0,000138	0,000126
C1a	0,776095		0,001673	0,002876	0,004245	0,003008	0,819162	0,401419	0,000126	0,000126	0,000126	0,000126
C2	0,231384	0,001673		1,000000	1,000000	1,000000	0,198242	0,571965	0,002458	0,000933	0,085638	0,005309
C2a	0,318360	0,002876	1,000000		1,000000	1,000000	0,277161	0,688722	0,001432	0,000582	0,055743	0,003161
C3	0,394333	0,004245	1,000000	1,000000		1,000000	0,347687	0,769432	0,000979	0,000405	0,039779	0,002139
C3a	0,326390	0,003008	1,000000	1,000000	1,000000		0,284546	0,698106	0,001372	0,000561	0,053722	0,003027
C4	1,000000	0,819162	0,198242	0,277161	0,347687	0,284546		0,999944	0,000126	0,000126	0,000135	0,000126
C4a	0,999984	0,401419	0,571965	0,688722	0,769432	0,698106	0,999944		0,000127	0,000126	0,000230	0,000128
C5	0,000126	0,000126	0,002458	0,001432	0,000979	0,001372	0,000126	0,000127		1,000000	0,978088	1,000000
C5a	0,000126	0,000126	0,000933	0,000582	0,000405	0,000561	0,000126	0,000126	1,000000		0,900066	0,999983
C6	0,000138	0,000126	0,085638	0,055743	0,039779	0,053722	0,000135	0,000230	0,978088	0,900066		0,996477
C6a	0,000126	0,000126	0,005309	0,003161	0,002139	0,003027	0,000126	0,000128	1,000000	0,999983	0,996477	

Tabela AIV.5 – Teste Tukey entre coletas para COD.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1		0,001237	0,368041	0,617566	0,00017	0,000445
C2	0,001237		0,000143	0,000154	0,000138	0,000138
C3	0,368041	0,000143		0,998075	0,005889	0,041009
C4	0,617566	0,000154	0,998075		0,002161	0,015754
C5	0,00017	0,000138	0,005889	0,002161		0,956176
C6	0,000445	0,000138	0,041009	0,015754	0,956176	

Tabela AIV.6 – Teste Tukey entre coletas para nitrogênio total.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1		0,000140	0,000138	0,000138	0,000138	0,000138
C2	0,000140		0,000227	0,010238	0,004693	0,000138
C3	0,000138	0,000227		0,448191	0,648156	0,000151
C4	0,000138	0,010238	0,448191		0,999448	0,000138
C5	0,000138	0,004693	0,648156	0,999448		0,000138
C6	0,000138	0,000138	0,000151	0,000138	0,000138	

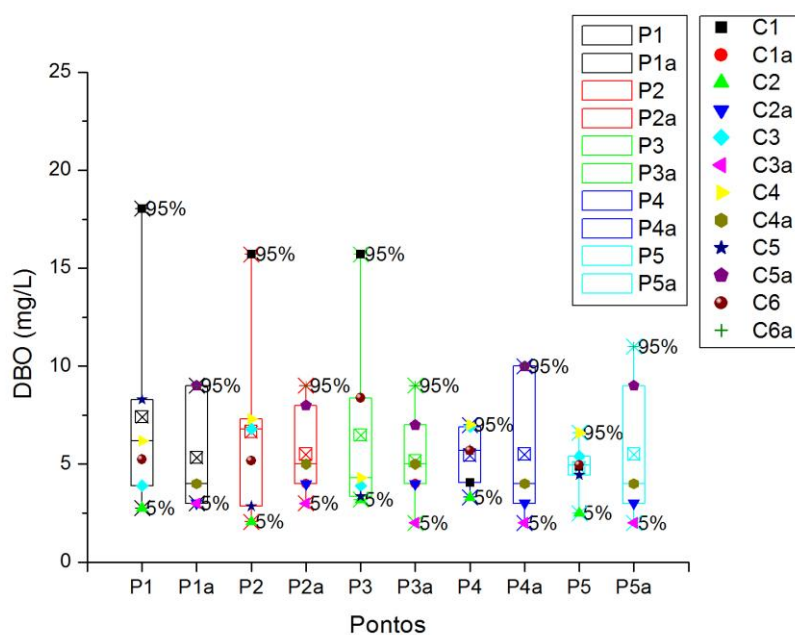


Figura AV.1 – DBO: dispersão observada entre os pontos de monitoramento. Px corresponde aos resultados de DBO titulométrica, e Pxa aos de DBO manométrica.

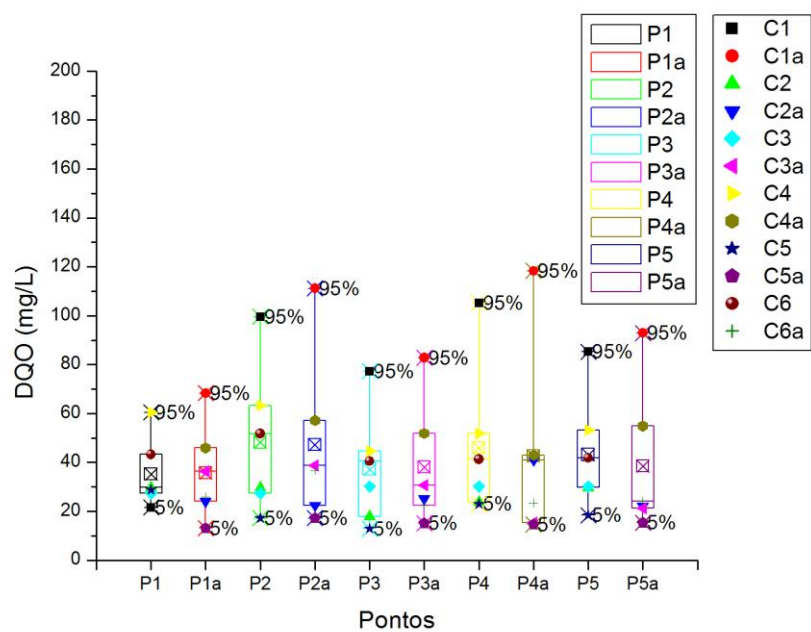
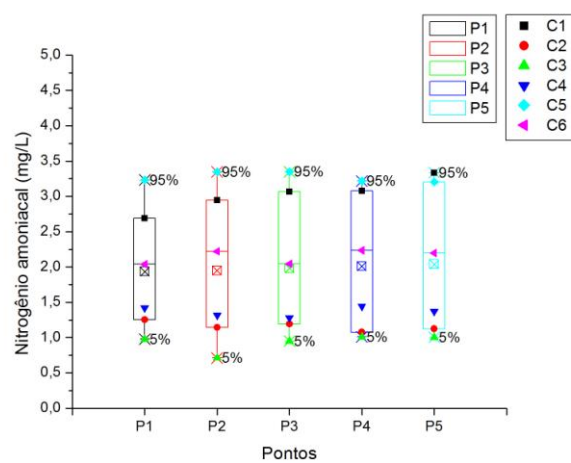
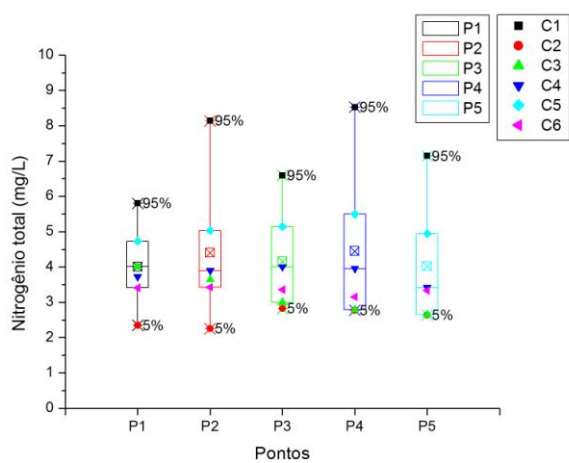


Figura AV.2 – DQO: dispersão observada entre os pontos de monitoramento. Px corresponde aos resultados de DQO titulométrica, e Pxa aos de DQO colorimétrica.



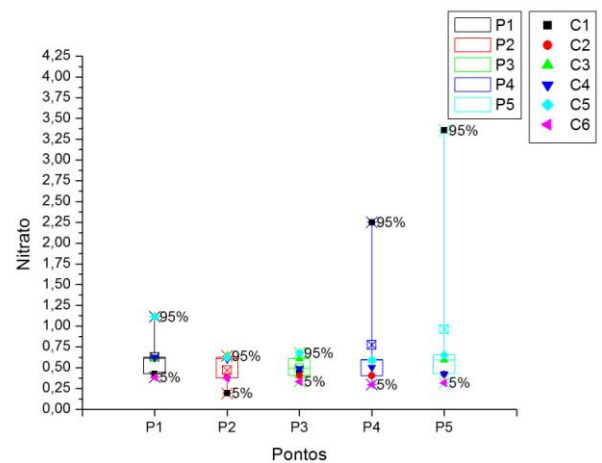
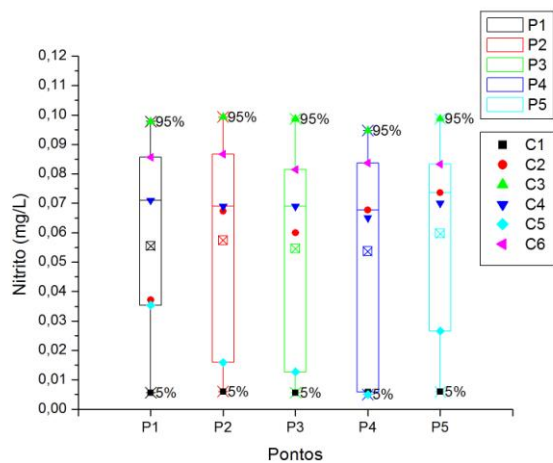


Figura AV.3 – Nitrogênio: dispersão observada entre os pontos de monitoramento para nitrogênio total, amoniacal nitrito e nitrato.

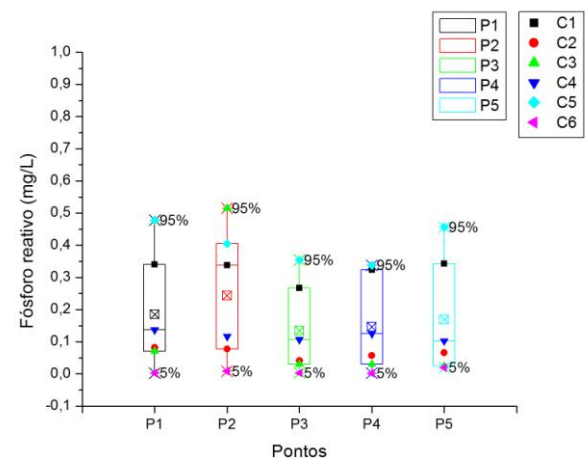
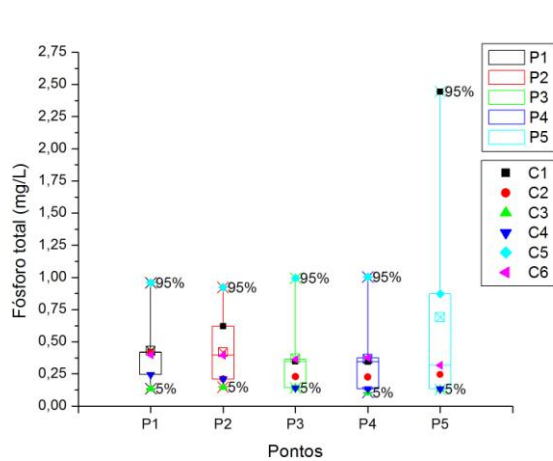


Figura AV.4 – Fósforo: dispersão observada entre os pontos de monitoramento para fósforo total e relativo.

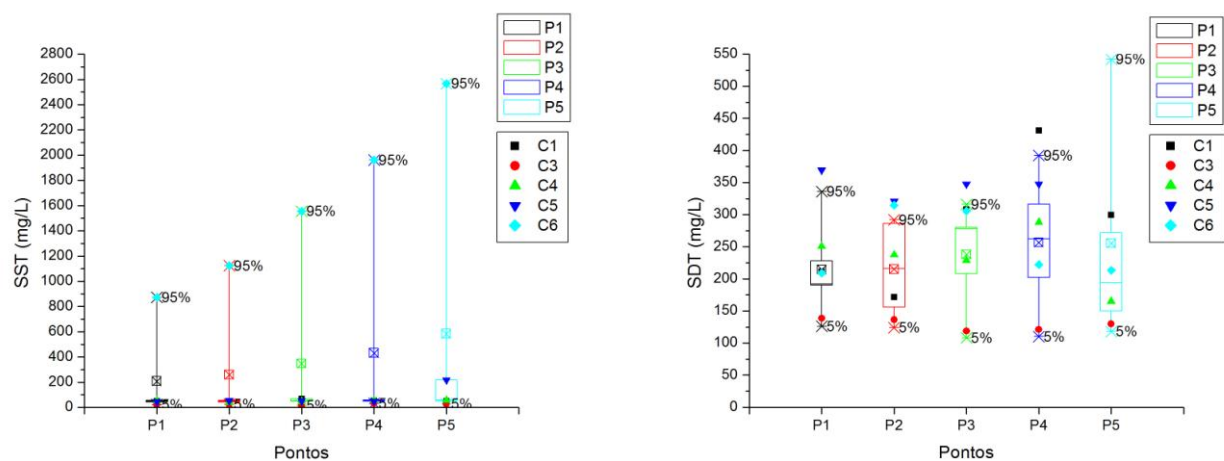


Figura AV.5 – Sólidos: dispersão observada entre os pontos de monitoramento para SST e SDT.